Şaşırtan Varsayım

İnsan Varlığının Temel Sorularına Yanıt Arayışı

Francis Crick



TÜBİTAK

Şaşırtan Varsayım

İnsan Varlığının

Temel Sorularına Yanıt Arayışı

Francis erick

ÇEVİRİ

Sabit Say

CHRISTOF KOCH'a

bu kitap hiçbir zaman

onun enerjisi ve şevki olmadan

yazılamazdı.

Bilinç. Algıları, düşünceleri ve duyguları olma durumu, farkında olma. Bu terim, bilincin ne olduğu kavranmadan anlaşılamayacak birtakım başka terimlerle tanımlanabilir ancak. Birçok kişi, bilinci özbilinçle eş tutma -yani bilinçli olmak için yalnızca dış dünyanın farkında olmanın yeterli olduğunu sanma- tuzağına düşüyor. Oysa bilinç büyüleyici ama anlaşılması zor bir olay; ne olduğunu nasıl işlediğini, ya da nasıl oluştuğunu belirlemek olanaksız. Hakkında okunmaya değecek bir şey yazılmış değil henüz.

Stuart Sutherland,
Uluslararası Ruhbilim
Terimleri Sözlüğü

Daha birkaç yıl öncesine dek, zihin bilimi tartışmalarında bilinç konusunun açılması bir zevksizlik sayılırdı. Uzmanlık alanlarının getirdiği toplumsal davranış geleneklerine pek de uyumlu doktora öğrencileri, yüzlerinde hafif bir tiksinti belirtisiyle gözlerini tavana kaydırırlardı.

John Searle

İçindekiler

Teşekkür

Bu kitabı yazmamda çok sayıda kişinin yardımı dokundu ama bunlardan birkaçı çok önemli katkılarda bulundular. Kitabı adadığım çalışma arkadaşım Christof Koch yalnızca bu düşünceleri geliştirirken benimle birlikte çalışmakla kalmayıp, kitabın taslağının her aşamasına sayısız önerileriyle katıldı. Kitabın müsveddeleri Scribners yayınevinden editörüm Barbara Grossman'ın keskin eleştirileri sayesinde büyük ölçüde düzeldi. İşe yaramayan bir sürü şey çıkanp atıldı ve kalanlar da açıklığa kavuşsun ve kolay okunsun diye sağlam bir biçimde yeniden yazıldı. Kitabın bazı bölümleri hâlâ zor okunuyorsa suç onda değil bendedir. On altı yıllık yardımcım Maria Lang her bölüm yeniden her düzeltildiğinde daktiloya çekerken elyazımı sökmek zorunda kalmayıp bir de şekilleri kullanılır duruma getirmek ve bunun için gereken izinleri almak sorumluluğunu ve ayrıca gündelik büro işlerini üstlendi. Her üçüne de özellikle teşekkür ederim.

Kitabın taslağı üzerinde görüşlerini bildirenlere de teşekkürler. Bunların arasında Tom Albrıght, Patricia Churchland, Paul Churchland, Odile Crick, Antonio Damasio, Peter Dayan, Ray Jackendoff, Graeme Mitehison, Read Montague, Leslie Orgel, Piergiorgio Odifreddi, V.S. Ramachandran, Paul Rhodes, Terry Sejnoowski ve Dan Voll'un isimlerini sayabilirim. Onların eleştirileri müsveddeyi oldukça iyileştirdi ve pek çok hatayı ortadan kaldırdı ancak kalan hatalardan sorumlu tutulmamalılar. Ayrıca çok kısa zamanda pek çok şekli yeniden çizip birkaçım da ekleyen Jamie Simon'a da teşekkür borçluyum.

Son olarak, bu zorlu sorunlar üzerinde durmadan kafamı meşgul etmeme aylar boyunca dayanan karım Odile'in sevgi dolu desteği ve anlayışı olmasaydı bu kitabı yazamazdım.

Önsöz

Bu kitabın konusu, bilincin gizemi ve onun bilimsel olarak nasıl açıklanabileceği. Soruna açık ve seçik bir çözüm öneremiyorum. Keşke

yapabilseydim, ama şimdilik bu çok zor görünüyor. Tabii bazı feylesoflar bu gizemi çoktan çözmüş oldukları gibi bir yanılsama içindeler, ama bence onların açıklamaları bilimsel gerçeklerle bağdaşmıyor. Bu kitapta bilincin genel doğasını kabaca çizerek deneysel yöntemle bilincin nasıl inceleneceği üzerine birtakım önerilerde bulunmaya çalışıyorum. Her yanıyla geliştirilmiş bir kuram değil de belli bir araştırma stratejisi koyuyorum ortaya. Amacım, bir şeyi gördüğümüz zaman beynimizde tam olarak nelerin olup bittiğini açıklayabilmek.

Bazı okuyucular bu yaklaşımımı düş kırıcı bulacaklar çünkü bilincin, ele alınmasını istedikleri pek çok yanını, özellikle de nasıl tanımlanacağını taktik gereği olarak kasten konu dışı bırakıyorum. Savaşları, savaş sözcüğüyle tam ne demek istendiğini tartışarak kazanamazsınız. Bunun için önce iyi birlikler, iyi silahlar, iyi bir strateji gerekir ve sonra da düşmana sıkı bir darbe indirmeniz. Zorlu bir bilimsel problemi çözmek için de aynısı geçerli.

Bilimle ilgili ama pek uzmanlık bilgisi olmayan genel bir okuyucu kitlesine seslenmeye çalıştım. Bu nedenle bilinçle ilgili değişik dallarda oldukça basit terimler kullanmam gerekti. Yine de bazı okuyucular kitabın belli bölümlerini okumakta zorluk çekebilirler. Onlara derim ki: Tartışmalardan bazılarının alışılmışın dışındalığı ya da deneylerin ayrıntılarındaki karmaşıklık gözünüzü korkutmasın. Okumayı sürdürün, ya da zor bölümleri çabuk geçin. Çoğu yerde temelde yatanı anlamak oldukça kolay.Akıl ve beyin üzerinde çalışan feylesof ve bilimciler, onlar için can alıcı konulan düpedüz atladığımı hemen görecekler.

Ele alışımdaki bu basitliğe rağınen, umarım onlar da yazdıklarımdan, hiç olmazsa hakkında az bildikleri bölümlerden, birşeyler öğrenirler. Gerçekleri çarpıtmaktan kaçınmaya çalıştım, ancak en azından Doğa’nın çeşitliliğinden dolayı biyolojide bunu yapmak kolay olmuyor. Görüşlerin çarpıtılmasını ise kolay affedemem. Bilinç öyle bir konu ki sorunun ne olduğu üzerinde bile ortak görüş yok. Yola birkaç önyargıyla çıkmaksızın bir yere varılamıyor. îşlevcilerin, davranışçıların ve bazı fizikçi, matematikçi ve feylesofların görüşlerine bu aralar pek sıcak bakmadığım okuyucuya malum olacak. Yarın bu düşünüşümde hatalarım olduğunu

görebilir, ya da buna ikna edilebilirim, ama bugün için yapabildiğimin en iyisi bu.

Kitabın anafikri şu: Bilinç (ve varsa, varsayılan ölümsüz ruhla ilişkisi) hakkında bilimsel olarak düşünmenin ve en önemlisi, bilinç üzerine ciddi ve kararlı biçimde deneysel çalışmaya başlamanın zamanı gelmiştir.

Beyin bilimleri denilen balta girmemiş ormanda okuyucuya kılavuz olarak kitabın aşağıdaki özeti yararlı olacak. Başlıca üç ana kısım var. Birinci Kısımdaki ilk bölüm, beyine yaklaşımımın özü olan Şaşırtan Varsayım'a ilişkin cesur bir demeç ile başlıyor: kendimizi anlamamız için sinir hücrelerinin nasıl davrandıklarını ve nasıl etkileştiklerini anlamamız gerekir. Bilinç ve ruh hakkındaki eski, bilim öncesi düşünceler, evrene ilişkin modem bilimsel bilgilerle karşılaştırılıyor. Sonra, indirgemecilik, nite, türeme davranış ve dünyanın gerçekliği gibi biraz felsefi birkaç meseleyi kısaca ele alıyorum.

İkinci bölümde bilincin (geçen yüzyılda William James'in ve modem çağda üç ruhbilimcinin tanımladıkları biçimiyle) genel doğasının ana hatlarını çizerek, onu dikkat olayı ve çok kısa dönem belleği ile ilişkilendiriyorum. Sonra bu sorunla uğraşırken neleri kabul ettiğimi, nasıl bir tavır takındığımı ve bilincin niçin acının bilinci ve özbilinç gibi türleri ile değil de görsel bilinç gibi çok özel bir çeşidi üzerinde yoğunlaştığımı belirtiyorum.

Üçüncü bölüm, görme olayına ilişkin safça düşüncelerimizin çoğunun nasıl da büyük ölçüde yanlış olduğunu anlatıyor. Bir şeyi gördüğümüz zaman beynimizde tam olarak ne olduğunu bilemesek de en azından soruna bilimsel yaklaşım için bir yol çizebiliriz. Epey uzun olmakla birlikte dördüncü ve beşinci bölümler görsel ruhbiliminin güçlüklerinden yalnızca birkaçını ele alıyor. Bunlar okuyucuya neyin açıklığa kavuşturulması gerektiği konusunda bir fikir verecektir.

İkinci Kısımda başlıca beyin ve özellikle görme sistemi iyice basitleştirilmiş olarak anlatılıyor. Okuyucuyu aşırı ayrıntılarla bunaltmamaya, ama sinir sisteminin genel olarak yapısı ve işleyişi hakkında yeterince bilgi vermeye çalıştım. Önce yedinci bölümde beynin anatomisini ana hatlarıyla veriyor ve bunu sekizinci bölümde tek tek sinir hücrelerinin

(nöronların) basit anlatımıyla izliyorum. Dokuzuncu bölüm beyni, beynin hücrelerini ve moleküllerini araştırmada kullanılan birtakım deneysel yöntemleri tanıtıyor. Bunu izleyen iki bölüm gelişmiş primatların görme sistemlerinin genel yapısını çiziyor. On ikinci bölüm beyinleri hasarlı hastalar üzerinde yapılan araştırmalardan nasıl yararlı bilgiler edinilebileceğini örnekliyor. İkinci Kısım, nöronumsu birimlerden oluşmuş küçük grupların davranışını taklit eden çeşitli kuramsal modelleri (sinir ağlarını) tanıtan on üçüncü bölüm ile bitiyor.

Birinci ve İkinci Kısımlardaki bilgi, görsel farkındalık sorununa türlü deneysel yaklaşım olasılıklarını ele alan Üçüncü Kısım için gereken temeli hazırlamış oluyor. Bu yaklaşımların hiçbiri henüz gizemin çözümüne yol açabilmiş değil ama bazıları umut verici gibi görünüyor. Üçüncü Kısım ileri sürdüklerimden ortaya çıkan bazı genel konuların tartışıldığı on sekizinci bölümle bitiyor. Bunu, Özgür İrade üzerine kısa ve teklifsiz bir Ek Söz izliyor.

Konudan dikkati dağıtmayayım diye elzem olmayan bilgileri dipnotlarına kaydırdım. Ayrıca yazıda kullanılan bilimsel terimleri kısaca tanımlayan bir sözlük ekledim. Yazının içindeki numaralar, uzmanlık dergilerinde yayınlanmış teknik makalelere gönderme yapıyor. Bunları kitabın sonunda sıralayan Kaynakça, konuyla ilgili bilimsel yayınların çok azını kapsasa da, daha derin bir inceleme için başlangıç noktası olacaktır. Bu makaleleri sıradan okuyucuya salık veremeyeceğim, çünkü çoğu o denli kötü yazılmışlar ki! Ortalama bir bilimsel makaleden daha güç okunan ve daha zor anlaşılan bir düzyazı biçimi olamaz.Bu konuda daha fazla bilgi edinmek isteyen okuyuculara yol göstermek için kısa özetli bir Okunacak Kitaplar listesi var.

Hatalarımı göstermek için bana yazacak okuyucularıma minnettar olacağım. Daha genel konularda yazışmak için ise daha az hevesliyim. Çoğunluğun bilinçle ilgili kişisel düşünceleri oluyor; bu insanların içinde kendini yazıya dökmeğe zorunlu hissedenlerin sayısı hiç de az değil. Konuyla ilgili bana gönderebileceğiniz her şeyi okumayacağım için affedileceğimi umuyorum. Bu konudaki tavrım, yalnızca yayın kurullu uzmanlık dergilerinde ya da saygın bir yayınevinin bastığı bir kitapta ileri sürülen düşünceleri dikkate almak. Yoksa herkesten sürekli yağan öneriler

verimli bir biçimde düşünmemi engelliyor. Bu zor sorunlarla hâlâ el yordamıyla boğuşmaktayım; ancak umarım ki bir giriş niteliğindeki bu kitap okuyucunun ilgisini çekecektir.

1

“Şunu biliniz ki keyif, sevinç, kahkaha ve neşe ve
üzüntü, acı, ümitsizlik ve keder, beyinden başka bir yerden çıkmaz.”

Hippokrates (M.Ö. 460-370)

1

I. Bölüm

Giriş

Soru: Ruh nedir ?

*Yanıt: Ruh, aklı ve özgür iradesi olan bedensiz bir canlı varlıktır.**

Katolik ilmihali

Şaşırtan Varsayım şu: "Siz," neşeleriniz, üzüntüleriniz, anılarınız, ihtiraslarınız, benlik ve özgür irade duygularınız ile, aslında çok sayıda nöron* ve bunlarla ilişkili moleküllerin bir arada davranışından ibaretsiniz. Alice*** bunu şöyle ifade edebilirdi: "Bir nöron destesinden başka bir şey değilsin." Bu varsayım günümüz insanının düşüncesine o denli yabancı ki şaşırtıcı olarak nitelendirmeme hak vereceksiniz.

İnsanoğlunun dünyanın doğasına ve özellikle kendi doğasına ilgi duyduğu, ne kadar ilkel olursa olsun her soyda ve boyda bulunmuştur. Bu, yazılı tarihin ilk çağlarına, hatta yaygın bir biçimde ölülerin gömülmesine gösterilen özene bakılırsa, elbette daha da öncesine gitmektedir. Çoğu din, kişinin bedensel ölümünden sonra süren ve bir dereceye kadar insanın varlığının özü sayılan bir tür ruhun varlığına inanır. Ruhsuz bir beden işlemeyi sürdürse bile normal işlevini yerine getiremez. Kişi öldüğünde ruhu bedenini terk eder, ancak bundan sonra ne olduğu, ruhun cennete mi cehenneme mi Araf a mı gittiği yoksa yeniden bir eşek ya da sivrisinek olarak mı dirildiği dinine göre değişmektedir. Dinlerin pek azı ayrıntılarda anlaşıyor, çünkü örneğin Hıristiyanlığın însil'i ve İslamın Kuran'ı gibi farklı vahiylere dayanıyorlar. Dinler arasındaki ayrılıklara karşın en azından bir noktada yaygın bir ortak görüş var: Kişilerin ruhu vardır, hem de öyle yalnızca mecazi değil somut anlamda da. Bu inanç çoğu kez güçlü ve saldırgan bir biçimde savunuluyor günümüz insanının büyük çoğunluğu tarafından.

Doğal olarak birtakım kuraldışılıklar var. Bir zamanlar, uç noktadaki bir Hıristiyan azınlık (Aristoteles'i izleyerek) kadınların ruhu olduğundan, ya da en azından erkeklerinkiyle aynı kalitede ruhları olduğundan kuşku duymuşlardı. Musevilik gibi bazı dinler ölümden sonra yaşam üzerinde pek durmazlar. Hayvanların ruhu olup olmadığı dinine göre değişir. Eski bir fıkraya göre felsefeciler (tüm ayrılıklarına karşın) genel olarak iki sınıftan birinde toplanabilirler: köpek sahibi olup köpeklerin ruhu olduğundan emin olanlar ve köpeği olmayıp bunu reddedenler.

Ancak bugünkü insanlığın içinde bir azınlık (eski Komünist ülkelerde çok sayıda olmak üzere) tamamıyla başka bir görüşe yakınlık duyuyor. Bu insanlar bedenden ayrı, bildiğimiz bilimsel yasalara uymayan bir ruh bulunduğu düşüncesinin bir hayal ürünü, bir mit olduğuna inanmaktalar. Böylesi mitlerin nasıl ortaya çıktığını görmek kolay. Maddenin doğası, radyasyon ve biyolojik evrim konusunda derin bir bilgi olmayınca bu mitler gerçekten de akla uygun görünüyor.

O halde bu temel ruh kavramından niçin kuşku duyulsun Elbette hemen herkesin buna inanmış olması yeterince prima facie kanıt sayılırdı. İyi ama o zaman dörtbin yıl kadar öncesi hemen herkes dünyanın düz olduğuna inanıyordu. Bu. görüşün kökten değişmiş olmasının ana nedeni modern bilimdeki harikulade ilerlemedir. Bugünkü dini inançların çoğu, günümüz ölçülerine göre küçük kalan yeryüzünün, sınırları tam olarak bilinemese de çok büyük sanıldığı zamanlardan kaynaklanmaktadır. Tek tek bireylerin doğrudan bilgisi dünyanın yalnızca küçük bir parçasıyla sınırlıydı. Bu koskoca yeryüzünün evrenin merkezi olduğuna, insanoğlunun da en önemli mevkiyi işgal ettiğine inanmak hiç de güç değildi. Dünyanın zamanın sis perdesi ardında saklı olan başlangıcından o güne geçtiği sanılan sürenin, insanlık tarihine göre uzun gelse de, gülünç sayılabilecek denli kısa olduğunu biliyoruz şimdi. O zamanlar yeryüzünün yaşının on bin yıldan az olduğu akla yakın geliyordu. Şimdi ise dünyanın 4,6 milyar yıl yaşında olduğunu biliyoruz. Evet belki gökkubbede çakılı yıldızlar çok uzak görünüyordu ama evrenin 10 milyar ışık yılı kadar uzandığı herhalde akla sığınazdı (Burada Hindularınki gibi bazı Doğu dinlerinin zaman ve uzaklıkları salt eğlence için abartmış olduklarını bir kuraldışılık olarak belirtelim).

Galile ve Newton’dan önce temel fizik bilgimiz ilkeldi. Güneş ve gezegenlerin devinimleri sökmesi zor bir düzenlilik gösteriyordu. Onlara yol gösteren melekler olması gerektiği pek de akıldışı değildi. Yoksa nasıl olabilirdi bu düzenlilik? Kimya diye bilinenler on altıncı ve on yedinci yüzyıllarda bile hâlâ büyük ölçüde yanlıştı. Bazı fizikçiler yirminci yüzyılın başına kadar atomların varlığından gerçekten kuşku duymaktaydılar.

Ama bugün atomların özellikleri hakkında pek çok şey biliyoruz. Her kimyasal atomu bir tam sayı ile tanımlayabiliyor, yapısının ayrıntılarım, davranışlarım belirleyen yasaların çoğunu biliyoruz. Fizik bilimi kimyanın açıklanabilmesi için gereken çatıyı sağlamış durumda. Organik kimyasal moleküllere ilişkin bilgimiz her geçen gün korkunç bir hızla artmakta.

Kabul etmek gerekir ki, çok küçük boyutlarda (atom çekirdeği içinde), çok yüksek enerji düzeylerinde ve çok büyük yerçekimi alanlarında tam olarak ne olduğunu anlamış değiliz. Ama yeryüzünde karşılaştığımız normal (yani bir atomun bir başkasına ancak çok özel durumlarda dönüştüğü) koşullarda, bilgimizdeki bu eksikliğin bilimcilerin çoğuna göre akıl ve beyni anlama çabamızda hemen hiçbir önemi yoktur.

Temel fizik ve kimya bilgimize ek olarak jeoloji gibi yer bilimleri ve astronomi ile evrenbilim gibi evren bilimleri, dünyamız ve evren için geleneksel dinlerin kurulduğu zamanlardakine göre oldukça değişik bir tanım geliştirdiler. Evrenin modern tanımlanışı ve zaman içinde gelişimine ilişkin son 150 yıl içinde baştan aşağı değişmiş olan bilgimiz, bugünkü biyoloji bilimi için gereken temeli oluşturmaktadır. Charles Darwin ve Alfred Wallace birbirlerinden habersiz biyolojik evrimin temel işleyişini, yani doğal ayıklanmayı bulana dek “Tasarlanmışlık Savı” karşı çıkılamaz görünüyordu. İnsan gibi karmaşık ve iyi tasarlanmış bir oluşum, her şeyi bilen bir Tasarlayıcı olmaksızın nasıl ortaya çıkabilirdi? Ama artık bu sav tümüyle çökertilmiştir. Şimdi biliyoruz ki bakteriden insana bütün canlılar biyokimyasal düzeyde birbirlerine çok yakın sayılırlar. Yeryüzünde yaşamın milyarlarca yıldır süregeldiğini, bu zaman içinde pek çok bitki ve hayvan türlerinin zaman zaman kökten değişerek günümüze geldiğini biliyoruz. Dinozorlar geçip gitti ve yerine bir sürü yeni memeli türleri geldi. Evriminin temel süreçlerini hergün çevremizde ve deney tüplerimizdeki oluşumlardan izleyebiliyoruz.

Proteinler ve sentezlenmeleri üzerine edindiğimiz ayrıntılı bilgiler sonucu genlerin molekül yapısını ve tıpatıp kopyalarını çıkarma süreçlerini anlamamız, yüzyılımızda biyoloji alanında aynı ölçüde çarpıcı bir ilerlemeye yol açtı. Şimdi proteinlerin, son derece güçlü ve esnek bir molekül sınıfı olarak, ince işleyen biyokimyasal düzeneklerin temelini oluşturabileceklerini anlamış bulunuyoruz. Embriyolojide (şu sıralarda “gelişim biyolojisi” de deniyor) büyük bir hamle yapılmıştır. Döllenmiş bir deniz kestanesi yumurtası defalarca bölünerek sonunda olgun bir deniz kestanesine dönüşür. Döllenmiş bir yumurtadan ilk bölünmede ortaya çıkan iki hücre ayrı yerlere konduğunda, zaman içinde biraz daha küçük ama iki ayrı deniz kestanesi oluşmaktadır. Aynı deney kurbağa yumurtalarıyla da yapılabiliyor. Moleküller tek bir hayvanlık malzemeden iki küçük hayvancık üretecek biçimde bir araya gelebiliyor. Yüzyıl kadar önce keşfedildiğinde bu görüngünün kesinlikle maddenin dışında bir cins Yaşam Gücü’nün işi olduğu ortaya atılmıştı. Canlı bir yaratığın böyle çarpıcı bir biçimde ikiye, katlanmasının biyokimya temellerine dayanılarak, yani organik ve başka moleküllerin özellikleri ve etkileşimleriyle açıklanabileceği aklın alamayacağı bir şeydi. Bugünlerde ise açıklaması ne denli karmaşık da olsa bunun nasıl olabileceğini çözmede ilkesel düzeyde zorluk çekmeyeceğimizi hissediyoruz. Bilim tarihinin çöplüğü bir şeyi anlamanın mümkün olamayacağım belirten (“yıldızların neden yapılmış olduğunu asla bilemeyeceğiz” gibi) sözlerle doludur.

Çağdaş bir sinir biyoloğu insanların ve öbür hayvanların davranışlarını açıklamak için dinsel bir ruh kavramına gerek görmez. Pierre-Simon Laplace’tan Güneş sisteminin işleyişini dinledikten sonra Napolyon’un sorduğu soru akla geliyor: Peki bütün bu işte Tanrı’mn parmağı ne? Laplace’m yanıtı, “Efendim, o varsayıma gerek duymuyorum.” Sinirbilimcilerin bazısı, örneğin Sör John Eceles[1] ruh kavramının bir mit olduğuna inanmıyorsa da çoğunluğu kesinlikle bu düşüncede.[2] Bu kavramın yanlış olduğunu hemen kanıtlayabileceklerinden değil ama şu anda böyle bir varsayıma gereksinimleri olmadığından. İnsanlık tarihi perspektifinden bakıldığında beyin üzerindeki bilimsel araştırmaların başlıca amacı, önemli de olsa çeşitli hastalıkları anlayıp iyileştirmekten çok, insan ruhunun gerçek doğasını kavramak olmuştur. Bizim bulmaya çalıştığımız da, tam olarak bu tabirin mecazi mi yoksa gerçek mi olduğu.

Özellikle Batı dünyasında, çok sayıda eğitim öğrenim görmüş kişi ruhun mecaz olduğu ve ana rahmine düşüşten önce ve ölümden sonra kişisel bir yaşam olmadığı inancını paylaşıyorlar. Kendilerini dinsiz, şüpheci, insancıl ya da sadece kusurlu bir inanır olarak adlandırabilirler, ama hepsi de geleneksel dinlerin en büyük iddialarını reddetmiş oluyorlar böylelikle. Ancak bu kendilerini kökten değişik gördükleri anlamına gelmez. Yerleşik düşünce alışkanlıklarından kolay vazgeçilmiyor. Biri dinsel açıdan inanmaz olabilir ama ruh-bilimsel olarak kendisini en azından gündelik konularda bir inanır gibi görebilir.

O halde bu düşünceyi daha güçlü bir biçimde belirtmeliyiz. Bilimsel inanışa göre aklımız, yani beynimizin davranışı, sinir hücrelerinin (ve öbür hücrelerin) ve bağlantılı moleküllerin etkileşimleriyle açıklanabilir.[2] Çoğuna göre bu sürpriz bir kavram. Sayılan ne denli çok olursa olsun, etkileşimleri ne denli karmaşık olursa olsun, bir dizi sinir hücresinin ayrıntıdaki davranışı olduğumuza inanmak kolay yutulur bir lokma değil. Bir an için şu bakış açısını deneyin: "Ne derse desin Mabel, biliyorum ki oralarda bir yerdeyim ve dünyaya bakıyorum."

Şaşırtan Varsayım neden bir sürpriz gibi gelsin? Sanmm başlıca üç nedeni var. îlki, çoğu kişinin "indirgemeci" denilen, karmaşık bir sistemin o sistemin parçalarının davranışları ve etkileşimleriyle açıklanabileceği yaklaşımını kabul etmedeki isteksizliği. Birden çok düzeyde çalışan bir sistemde, bu süreç bir çok kez yinelenebilir; yani belli bir parçanın davranışının onun parçalarının davranışları ve etkileşimleriyle açıklanması gerekebilir. Örneğin, beyni anlamak için sinir hücrelerini ve etkileşimlerini bilmemiz gerekebilir, ayrıca her sinir hücresinin davranışının da onu oluşturan iyonlar ve moleküller cinsinden açıklanması gerekir.

Nereye kadar inebilir bu süreç? Neyse ki doğal olarak kimyasal atomlar düzeyinde bir durma noktası var. Her atom artı elektrik yük taşıyan ağır bir atom çekirdeği ile onu çevreleyen hafif, eksi yüklü çevik elektronlar bulutundan oluşmuştur. Atomun kimyasal özellikleri hemen yalnızca çekirdek yükünce belirlenmiştir.[3] Çekirdeğin öbür özellikleri, yani kütlesi, iki kutupluluğunun ve dört kutupluluğunun şiddeti gibi ikincil elektriksel Özellikleri, çoğu durumda kimyasal özelliklerini pek az değiştirebilir.

Şimdi, bir ilk yaklaşıklıkla, atomların kütleleri ve çekirdeklerinin elektrik yükü, en azından yeryüzünde yaşamın geliştiği yumuşak çevre koşullarında, asla değişmez diyebiliriz. Böylece kimya için çekirdeklerin altyapısını bilmek gerekmez. Atom çekirdeğinin bazı proton ve nötron birleşimlerinden, onların da knvarklardan yapılmış olduğu hiç fark etmez. Kimyacının kimya gerçeklerinin çoğunu açıklamada her atomun çekirdek yükünü bilmesi yeterlidir. Bunun için de "kuantum mekaniği" denilen, çok küçük parçacıkların ve özellikle elektronların davranışını belirleyen beklenmedik bir mekanik türünden anlaması gerekir. Ama uygulamada hesaplar hemen içinden çıkılmaz hale geldiği için, kimyacı şimdi kuantum mekaniği ile doğrulayabildiğimiz birtakım yaklaşık kuralları kullanagelmiştir. Bu düzeyin altına inmesi zaten istenmez .[4]

*Pek de yeni olmayan bu düşünüşün oldukça açık bir anlatnrum Horace Barlow'un tanınmış makalesinde bulabilirsiniz.

**Bir karbon çekirdeğinin yükü +6, oksijen çekiı'değininki +8 dir. Bir oksijen atomu elektrikselolarak yüksüz olabilmek için 8 tane eksi yüklü elektronla bağlanmalıdır.

İndirgemecilikle bir sonuç alınamayacağını gösterme yolunda birtakım girişimler olmuştur. Bunlar oldukça biçimsel bir tammdan yola çıkarak bu cins bir indirgemenin doğru olamayacağını ileri sürmektedirler çoğu kez. Oysa indirgemeciliğin, değişmez bir düşünce dizisini daha alt düzeyde yine değişmez bir başka bir düşünce dizisi ile açıklamaya yönelik katı bir süreç olmayıp, bilgi geliştikçe her iki düzeydeki kavramları azar azar değiştiren dinamik bir etkileşim süreci olduğunu gözden kaçırmaktalar. Unutulmamalı ki "indirgemecilik" fizik, kimya ve molekül biyolojisinin gelişmesini hızlandıran başlıca kuramsal yöntem olmuştur. Modem bilimde başdöndürücü ilerlemelerin ardında yatan odur. Yöntemimizde değişiklik yapmaya zorlayacak kuvvetli deneysel kanıtlar karşımıza çıkmadıkça ilerlemek içm en akla uygun yoldur. îndirgemeciliğe karşı genel felsefi savlar bir kenara itilebilir.

En tutulanlarından bir başka felsefi sav da indirgemeciliğin bir "sınıflandırma yanlışı" içerdiği. Buna göre örneğin 1920'lerde bir "gen"i molekül (şimdi doğru biçimiyle eşleşmiş bir çift molekülün parçası) olarak

düşünmek bir sınıflandırma yanlışı olurdu. Genler bir sınıftan, moleküller ise oldukça farklı başka bir sınıftandır denirdi. Şimdi böyle itirazlarm ne denli boş olduğu görülüyor[5]. Sınıflandırmalar mutlak olarak gökten inmediler, bepsi insan icadı. Bir sınıflandırma ne kadar makul görünse de tarih onun bazen hem yanlış hem de yanıltıcı çıkabileceğini göstermiştir. Eskiçağ ve ortaçağ tıbbmdaki dört Özsu'yu[6] anımsayınız: kan, balgam, öd ve kara safra.

*Bu kurala uymayan olayların en önemlisi radyoaktivitedir: yıldızlarda, atom bombasında, daha az gözalıcı biçimiyle radyoaktifminerallerin atomlannda ve laboratuvarlarda planlı deneylerde görülen atomun bir başka atoma dönüşmesi olayı. Radyoaktivite genetik malzeme DNA'da mutasyonlara yol açtığı için hepten göz ardı edilemez ama beynimizin davranışında temel bir süreç olarak önemi olamaz.

Şaşırtan Varsayımın tuhaf görülmesinin ikinci nedeni bilincin doğasından kaynaklanıyor. Örneğin içimizde dış dünyanın canlı bir görüntüsü var. Bunu nöronların davranışının yalnızca bir başka biçimde anlatımı olduğuna inanmak bir sınıflandırma yanlışı gibi görünebilir; ama bu tür savlara her zaman güvenilemeyeceğini az önce gördük.

Felsefeciler "ussal nitelik" sorunu, yani örneğin kırmızının kırmızılığının ya da acının acılığının nasıl açıklanacağı sorunu ile özellikle ilgilenmişlerdir. Bu belalı bir konudur. Bu sorun, canlı olarak algıladığınız kırmızının kırmızılığının başka birine en azından sıradan durumlarda kusursuzca iletilemeyeceği gerçeğinden kaynaklanmaktadır. Bir şeyin özelliklerini belirsizliğe meydan vermeden tammlayamazsamz bu Özellikleri indirgemeci söylemde açıklamak zorlaşır. Bu demek değildir M, zamanı gelince kırmızıyı görüşünüzün sinirsel karşılığı;[7] açıklanamayacak. Bir başka deyişle ancak ve ancak kafanızdaki belli nöronlar (ya da moleküller) belli bir biçimde davranırsa kırmızı gördüğünüzü söyleyebileceğiz. Bu niçin canlı bir renk duyusu tattığınızı ve neden bir çeşit sinirsel davranışın mutlaka kırmızı, bir başkasının mavi gördürdüğünü önermeyebilir.

İleride kırmızının kırmızılığının açıklanamayaeağı (o kırmızılığı bana iletemeyeceğiniz için) ortaya çıksa bile, bundan sizin kırmızıyı benim gördüğüm gibi gördüğünüzden yeterince emin olamayacağımız sonucu çıkmaz. Eğer kırmızının beyninizdeki sinirsel karşılığının benimkindekinin

tıpatıp aynısı olduğu bulunursa, sizin kırmızıyı benim gibi gördüğünüzü çıkarsamak bilimsel olarak akla uygun olacaktır.O halde bilincin çeşitli biçimlerini anlamak için önce onların sinirsel karşılıklarını bilmemiz gerektiğinde karar kılabiliriz.

Şaşırtan Varsayımın alışılmışın dışında olmasının üçüncü nedeni ise İrademizin özgür olduğunu yadsınamazca hissetmemizden kaynaklanıyor. Hemen iki sorunla karşılaşıyoruz: İrademizi özgürce kullandığımızı gösterdiğini sayabileceğimiz olayların sinirsel karşılıklarını bulabilir miyiz? Peki İrademiz yalnızca özgürmüş gibi görünüyor olamaz mı? Önce farkındalık[8] (ya da bilinç) sorununu çözersek, Özgür îrade'yi çözmenin kolay olacağına inanıyorum (Bu konu Ek Söz'de genişçe ele almıyor).

Nöronlardan oluşan bu olağanüstü makine nasıl ortaya çıktı? Beyni anlamak için onun doğal ayıklanma ile uzun bir evrim sürecinin sonuç ürünü olduğunu kavramak önemlidir. O bir mühendis tarafından tasarlanmadı, ama yine de göreceğiz ki küçücük bir oylumda ve göreceli olarak çok az enerji kullanarak müthiş bir iş görüyor. Anamızdan babamızdan aldığımız genler, milyonlarca yıl içinde uzak atalarımızın görüp geçirdiklerinden etkilendiler. İşte bu genler ve doğumdan önce yönlendirdikleri gelişim beynimizin yapısının büyük bir bölümünü kurmuştur. Artık doğum anında beynin bir tabula rasa değil, parçalarının çoğu yerine oturmuş bir yapı olduğunu biliyoruz. Ondan sonraki deneyimler bu kabaca hazır aleti kusursuz çalışması için ayar eder.

Evrim temiz çalışan bir tasarımcı değildir. Gerçekten de Fransız molekül biyologu François Jaeob'un yazdığı gibi "Evrim bir mucittir."[4] Küçük küçük adımlarla önceden var olanın üstüne kurar. Yeni bir icat ne kadar acayip bir biçimde de olsa çalışıyorsa, evrim onu ilerletir. Bu demektir ki var olan yapıya kolayca yapılabilen ekler ve değişikliklerin şansı arttığından sonuçtaki tasarım düzgün olmaktan çok, birbiriyle etkileşen aygıtlardan yapılı karmakarışık bir yığın olacaktır. Böyle bir sistem doğrudan o işi yapmak üzere tasarlanmış doğru dürüst bir düzenekten çoğu zaman hayret uyandıracak bir şekilde daha iyi işleyebilmektedir.

Böylelikle olgun bir beyin hem Boğa'nın hem de yetiştirilmenin ürünü olmaktadır. Bunu dil konusunda kolayca görebiliriz. Karmaşık bir dili akıcı olarak kullanabilme yetisi insanoğluna özgü gibi geliyor. En yakın

akrabalarımız olan maymunlar uzun bir eğitimden sonra bile dil kullanımını pek beceremiyorlar. Ancak öğrendiğimiz belirli dil doğal olarak nerede ve nasıl yetiştirildiğimize bağlı.

İki felsefi noktaya daha değinmek gerekiyor. Birincisi, beynin davranışının büyük bir bölümü “türeme”dir, yani bu davranış örneğin tek tek nöronlar gibi ayrı parçalarda bulunmaz. Gerçekte tek bir nöron oldukça tutuk bir nesne. Ama çok sayıda bir araya gelince karmaşık etkileşimlerde bulunarak böyle harikulade şeyleri yapabiliyorlar.

Türeme teriminin iki anlamı var. Gizemli çağrışımları da olan ilkine göre türeme davranış hiçbir biçimde, ilke düzeyinde bile, ayrı parçaların birleşik davranışı olarak açıklanamaz. Böylesi bir düşünceyle bağlantı kurmakta zorluk çekiyorum. Türeme’nin bilimsel, ya da en azından benim kullandığım anlamına göre ise bir bütün, ayrı parçalanma basit bir toplamı değildir. Bütünün davranışı, en azından ilke düzeyinde, parçalannın doğası ve davranışı artı bu parçaların etkileşimlerinin bilinmesi ile anlaşılabilir,

Element kimyasından basit bir örnek olarak benzen gibi herhangi bir organik bileşik verilebilir. Benzen molekülü bir halkada sıralanmış altı karbon atomu ile her karbon atomuna halkanın dışından bağlanmış birer hidrojen atomundan oluşmuştur. Kütlesi dışında, benzenin özellikleri hiçbir yönden onu oluşturan on iki atomun özelliklerinin basit bir aritmetik toplamı değildir. Yine de benzenin kimyasal reaksiyonları ve ışığı soğurması gibi davranışları, bu parçaların nasıl etkileştiklerini bilirsek hesaplanabilir; bnnn yapabilmek için kuantum mekaniğine başvurmak gerekse de. Merakımı uyandıran şey kimse kalkıp da "benzen molekülü parçalarının toplamından fazladır” demekten esrarengiz bir haz almıyor da, bir sürü adam beyin hakkında böyle demeçler vermekten mutluluk duyup, bunu yaparken de bilgiçce kafa sallıyor. Beyin o kadar çapraşık ve her beyin o kadar kendine özgü ki belli bir beynin her saniye ayrıntılı olarak nasıl işlediğini bilemeyebiliriz, ama en azından parçalarının etkileşimlerinden beyinde karmaşık duyuların ve davranışların nasıl doğduğunun genel ilkelerini anlamayı umabiliriz.

Doğal olarak daha keşfetmediğimiz başka önemli süreçler bulunabilir. Beynin bir parçasının kesinlikle nasıl davranığım biri bize söylese bile bazı durumlarda bu açıklamayı hemen anlayabileceğimizden kuşkuluyum, çünkü

bu henüz açıkça ortaya konmamış yeni düşünceler ve yeni kavramlar gerektirebilir. Ancak beynimizin özünde böyle düşünceleri kavrama yeteneği olmadığını sanan bazılarının kötümserliğini paylaşmıyorum. Varsa bu güçlükleri onlarla karşılaştığımızda göğüslemeyi yeğlerim. Beyinlerimiz gündelik yaşantımıza ilişkin birçök kavramla kolayca uğraşabilelim diye evrim geçirdi ve gelişti. Ama yine de, iyi eğitilmiş beyinler görelik kuramı ve kuantum mekaniği gibi normal deneyimimizin bir parçası olmayan olaylara ilişkin fikirleri kavrayabiliyorlar. Bu fikirler sezgilerimize aykırı olsa da sürekli uygulama yaparak eğitilmiş beyin onları kavrayıp kolaylıkla kullanabiliyor. Beyinlerimiz hakkmdaki düşüncelerin de genel karakterinin aynı böyle olması muhtemel. Başlangıçta çok yabancı görünebilirler ama kullana kullana onları güvenle ele alabileceğimizi umabiliriz.

Beynin parçalarına ve bunların nasıl etkileştiklerine ilişkin bu bilgileri edinememiz için hiçbir neden yok. Bu yolda ilerlememizi yavaşlatan şey yalmzca ilgili süreçlerin çeşitliliği ve karmaşıklığı.

Aydınlatılmayı gerektiren ikinci felsefi bilmece dış dünya gerçeğiyle ilgili. Beynimiz, en başta vücudumuz ile ve onun etrafımızda olduğunu hissettiğimiz dış dünyayla etkileşimi ile uğraşmak için evrim geçirdi. Peki bu dünya gerçek mi? Bu saygıdeğer felsefi konunun götüreceği kanlı bıçaklı kavgalara karışmak istemiyorum. İşimi görecek varsayımları belirtmekle yetineyim: Gerçekten bir dış dünya vardır ve bu dünya onu gözlemlememizden büyük ölçüde bağımsızdır. Bu dış dünyayı asla tamamıyla bilemeyiz ama duyularımızı kullanarak ve beynimizi çalıştırarak onun özelliklerinin bazı yönlerine ilişkin yaklaşık bilgiler edinebiliriz. Göreceğimiz gibi, beynimizde olup biten her şeyin de farkında olamayız ama o işleyişin bazı yönlerinden haberdar olabiliriz. Ayrıca bu her iki süreç de dış dünyanın doğasını ve kendi iç gözlemimizi yorumlayışımız hataya açıktır. Belli bir etkinliğe yol açan güdülerimizi bildiğimizi sanabiliriz, ancak en azından bazı durumlarda aslında kendimizi kandırdığımızı göstermek kolay.

II. Bölüm

Bilincin Genel Doğası

Herhangi bir konuda en tuhaf şeyi bulun ve onu araştırın.

John Ârchibald Wheeler

Bilinç sorununu, ele alırken ilkin neyi açıklamamız gerektiğini bilmeliyiz. Genel anlamda bilincin neye benzediğini elbette hepimiz biliyoruz. Maalesef bu yeterli değil. Ruhbilimciler aklın işleyişi konusunda sağduyuya dayalı düşüncelerin yanıltıcı olabileceklerim pek çok kez göstermişlerdir. O halde geyet açık ki ilk adım ruhbilimcilerin bunca yıldır neleri bilincin temel özellikleri saydıklarını öğrenmektir. Tam doğruyu bulamamış olsalar da, bu konudaki düşünceleri bize bir başlangıç noktası olacaktır.

Bilinç belli başlı bir sorun olduğuna ve öylesine gizemli göründüğüne göre, ruhbilimciler ve sinirbilimcilerin çabalarını onu anlama yönünde yoğunlaştırmış olmaları beklenirdi. Oysa hiç de öyle değil. Çağdaş ruhbilimciler, incelediklerinin çoğunun bilinç konusu kapsamına girmesine karşın bu sorunun üzerinden bir tek söz bile etmeden geçerler.

Eskiden böyle değildi. On dokuzuncu yüzyılın sonunda ruhbilimi deneysel bir bilim olarak ortaya çıktığında, bilinç sözcüğünün tam anlamıyla apaçık olmadığı kabul edilmiş olsa bile, bilince çok ilgi gösteriliyordu. Özellikle Almanya’da bilinci incelemenin başlıca yöntemi ayrıntılı ve sistemli içgözlemdi. îçgözlem güvenilir bir teknik haline gelinceye dek üzerinde çalışılıp düzeltilirse ruhbiliminin daha bilimsel bir düzeye geleceği umuluyordu.

Amerikan ruhbilimcisi William James (romancı Henry James’in kardeşi) bilinci oldukça derinlemesine ele aldı. İlk kez 1890’da basılan anıtsal yapıtı Ruhbilimin İlkeleri'nde düşünce”nin beş özelliğini tanımladı. Buna göre her düşünce kişisel bilincin bir parçası olma yolundadır. Düşünce her an değişir, hissedilir biçimde süreklidir ve kendinden bağımsız nesnelere değiniyor gibidir. Buna ek olarak, düşünce bazı nesneler üzerinde, öteki nesnelerin pahasına yoğunlaşır, yani bir başka deyişle dikkati işin içine sokar. James dikkat konusunda sıkça alıntı yapılan şu sözleri yazmıştır: "Dikkatin ne olduğunu herkes bilir. Akim aynı anda olası birçok nesneden ya da düşünce katarından birini, açık ve canlı bir biçimde ele almasıdır... Bazı şeyleri, ötekilerle etkince uğraşabilmek için bırakmasını gerektirir.”

Yine on dokuzuncu yüzyılda bilincin bellek ile yakın bağı olduğu düşüncesiyle karşılaşıyoruz. James, Fransız Charles Richet'nin 1884'te yazdıklarından şöyle alıntı yapmış: "saniyenin yüzde biri kadar bir zamanda acı çekmek hiç acı çekmemekle aynı şeydir; ben şahsen ne kadar şiddetli olursa olsun yalmzca saniyenin yüzde birinde olup biten ve sonra geri gelmeyen, anımsanmayan bir acıya katlanmaya her an razıyım."

Beyindeki her sürecin bilinçli olduğu düşünülmüyordu. Çoğu ruhbilimci bazı süreçlerin bilinçaltında algılanabilir olduğuna inanıyordu. Örneğin on dokuzuncu yüzyıl Alman fizik ve fizyoloji bilimcisi Hermann von Helmholtz algılamayı "bilinçsiz çıkarsama" olarak nitelendirmekteydi. Bununla, algılama mantıksal yapı açısından çıkarsamadan anladığımız şeye benzer, ama büyük ölçüde bilinçsizdir demek istiyordu.

Yirminci yüzyılın başlarında bilinçüstü ve bilinçaltı kavramları özellikle edebiyat çevrelerinde, Freud, Jung ve arkadaşları tarafından ona cinsel bir tat katıldığı için her yerde popülerlik kazandı. Bugünkü değerlendirme ölçülerine göre, Freud bir bilimciden çok, çok sayıda özgün fikri olan, olağanüstü iyi ve ikna edici biçimde yazmış bir hekim sayılır. Yeni bir ruhçözümleme mezhebinin önde gelen kurucusu olmuştur.

Böylece, yüzyıl kadar öncesinde üç temel düşüncenin geçerlik kazanmış olduğunu görüyoruz:

1. Beyindeki her işlem bilince uymaz.

2. Bilinç bir tür bellek, büyük bir olasılıkla çok kısa dönemli bellek gerektirir.

3. Bilincin dikkat ile çok yakın bir ilişkisi vardır.

Maalesef akademik ruhbilimde bilincin ruhbilimsel bir kavram olarak yararını yadsıyan bir akım doğdu. Bunun nedeni kısmen içgözleme dayanan deneylerin bir yere gitmiyor görünmesi, kısmen de ruhbiliminin deneyci tarafından belirsizliğe yer vermeksizin gözlemlenebilen davranışları (özellikle hayvansal davranışları) inceleyerek daha bilimsel olacağı umudu idi. Davranışçı akım denilen bu akımda akılla ilgili olaylardan söz etmek bir tabu oldu. Her davranış uyarı ve tepki söyleminde açıklanmalıydı.

Davranışçılık, Birinci Dünya Savaşı'ndan önce John B. Watson ve diğerleri tarafından başlatıldığı ABD'de özellikle kuvvetliydi. En ünlü temsilcisinin B. F. Skinner olduğu 1930'lar ve 1940larda serpilip gelişti. Avrupa'da başka ruhbilim ekolleri de (dördüncü bölümde anlatılacak Geştalt ekolü gibi) vardı ama bir ruhbilimcinin en azmdan ABD'de akılla ilgili olaylardan söz etmesi ancak zihinsel ruhbilimin yükseldiği 1950 sonları ve 1960'larda entelektüel saygınlık kazanabildi. O zaman örneğin görsel imge[1] üzerinde çalışmak ve çeşitli ussal süreçler için çoğunlukla sayısal bilgisayarların davranışını tanımlamakta kullanılan kavramlara dayanan ruhbilimsel modeller önermek mümkün oldu. Yine de bilinçten çok seyrek söz edilirdi ve beyindeki bilinçli ve bilinçsiz etkinlikleri ayırt etmeye kalkışan azdı.

Deney hayvanlarının beyinlerini inceleyen sinirbilimciler için de durum aynıydı. Sinir anatomicileri" hemen tümüyle ölü hayvanlar (insanlar da içinde olmak üzere) üzerinde çalışırken sinir fizyologları da genellikle bilinçsiz durumda bayıltılmış hayvanlan incelediler. Bu deneyler sırasında hayvanlar örneğin hiç acı duymazlar. Ellilerin sonlannda sinir biyologları David Hubel ve Torsten Wiesel'in çığır açan buluşlarından sonra olay iyice bu hale geldi. Bu bilimciler baygın bir kedinin beyin dalgalan kedinin uyanık olmaktan çok uykuda olduğunu göstermesine karşın, beyninin görme kabuğundaki sinir hücrelerinin, kedinin açık gözüne sıkılan ışığa ilginç bir tepki dizisiyle yanıt verdiğini buldular. Bu ve bunu izleyen çalışmaları için 1981'de Nobel ödülü aldılar.

Uyanık bir hayvanda bu beyin hücrelerinin tepkilerini incelemek bir hayli zor (yalnızca kafasını oynatmamasını sağlamakla kalmayıp göz hareketleri önlenmeli ya da dikkatle izlenmelidir). Bu nedenle aynı beyin hücresinin aynı görsel işaretlere yanıtım bu iki durumda, yani hayvan uyanıkken ve uykudayken, karşılaştırmak için pek az sayıda deney yapılmıştır. Sinirbilimcilerin geleneksel olarak bilinç konusundan kaçınmalarının nedeni yalnızca bu deneysel zorluklar değil, aynı zamanda bu sorunu çok öznel ve çok "felsefi" saymaları ve dolayısıyla deneysel incelemeye pek uygun bulmamalarıdır. Bir sinirbilimcinin bilinç üzerinde çalışmak amacıyla parasal destek bulması da kolay olmazdı.

Fizyologlar bilinci merak etmede bâlâ isteksizler ama son birkaç yıl içinde birtakım fizyologlar konuya eğilmeye başladılar. Bunlardan üçünün

düşüncelerini kabataslak özetleyeceğim. Ortak yönleri, sinir hücrelerini ya yok saymaları, ya da en iyi durumda onlarla uzaktan ilgilenmeleri. Bunlarla uğraşmak yerine esasen ruhbiliminde yerleşmiş yöntemleri kullanarak bilincin anlaşılmasına katkıda bulunabileceklerini umuyorlar. Beyni, salt duyular gibi çeşitli girdilerin neden olduğu çıktılarım yani ürettiği davranışlarını bilebildiğimiz, içine girilemez bir “kara kutu” olarak ele alıyorlar. Bir de akıl üzerine sağduyumuzla bildiklerimize dayanan genel düşünceleri mühendislik ya da hesap terimleriyle ifade ederek modeller kuruyorlar. Anlatacağım her üç fizyolog da sanırım kendilerini zihinsel bilimci olarak nitelendiriyorlardır.

Şimdi Princeton Üniversitesinde ruhbilim profesörü olan Britanyalı zihinsel bilim üstadı Philip Johnson Laird dil alanıyla, özellikle sözcük, tümce ve yazıların anlamıyla ilgileniyor. Bu konuların hepsi de insanlara özgü. Johnson-Laird’in beyne az ilgi göstermesi şaşırtıcı değil, çünkü primat beyni hakkındaki ayrıntılı bilgimizin çoğu, gerçek anlamda dile sahip olmayan maymunlardan sağlandı. Mental Models* (Akıl Modelleri) ve The Computer and the Mind[8] (Bilgisayar ve Zihin) adlı iki kitabı, akim beynin etkinliklerinin nasıl tanımlanacağı sorunu ve modern bilgisayarların bu tanımla ilgisini konu ediyor. Beynin göreceğimiz gibi son derece koşut bir düzenek (aynı anda milyonlarca sürecin işlemesi anlamında) olduğunu ve bu düzeneğin yaptığı işlerin çoğunun bilincinde olmadığımızı vurguluyor.*

Johnson Laird her bilgisayarda, özellikle fazlasıyla koşut bir bilgisayarda, tam bir denetim söz konusu olamasa da işlevleri denetleyen bir işletim sistemi olması gerektiğine inanıyor. Çalışması bilince en yakın karşılık olan bu işletim sisteminin beynin basamaklı yapısı içinde yüksek bir düzeyde yerleşmiş olduğunu öne sürüyor.

Brandeis Üniversitesi’nde dilbilim ve zihinbilim profesörü Ray Jackendoff dil ve müziğe özel ilgisi olan meşhur bir Amerikalı zihinbilimci. Öteki zihinbilimciler gibi, akim bir biyolojik bilgiişlem sistemi olarak düşünülmesinin en uygun olduğuna inamyor. Ancak “Bilinçli deneyimimize bu niteliğini veren nedir?” sorusunu ruhbiliminin en temel tartışma konularından biri saymasıyla onların çoğundan ayrılıyor.

Jackendoff “Ortadüzeyde Bilinç” kuramıyla, farkındalığın, algının işlenmemiş öğelerinden ya da üst düzeyde düşünceden değil, fakat en uç

(duyumsu) ile en merkezi (düşüncemsi) arasındaki bir simgeleme düzeyinden çıktığını belirtiyor. Bunun oldukça özgün bir bakış açısı olduğunu haklı olarak vurguluyor.[4]

JohnsonLaird gibi Jackendoff da beynin modem bilgisayara benzerliğinden kuvvetle etkilenmiş. Bu benzerlikten derhal sonuçlar çıkarılabileceğine işaret ediyor. Örneğin bilgisayarın içinde depolanmış bir yığın bilginin bir anda çok az bir bölümü işlenir durumdadır. Aynısı beyin için de söylenebilir.

Ama beyindeki süreçlerin tümü bilinçli değildir. Böylelikle yalnızca beyin ile aklı ayırmakla kalmayıp; beyin, işlemci akıl (kabaca, bilincinde olduğumuz anlamında) ve "görüngüsel akıl" dediği şeyler arasında ayrımda bulunuyor. Johnson-Laird ile, bilincinde olduğumuz şeylerin işlemlerin kendisi değil sonucu olduğu konusunda uyuşuyor.[9]

*Johnson-Laird özellikle özyansıma ve özfarkındalık gibi taktik nedenlerle bir kenara bırakacağım konularla ilgileniyor. .

farkındalık ile kısa dönemli bellek arasında yakın bir ilişki olduğuna da inamyor. Bunu şöyle belirtiyor: "farkındalık kısa dönemli belleğin içeriğine dayanır" ve kısa dönemli belleğin "hızlı" işlediğini ve yavaş süreçlerin doğrudan görüngüsel etkisi olmadığım ekliyor.

Dikkat'e gelince, dikkatin üzerinde toplandığı nesnelerin daha yoğun ve ayrıntılı biçimde işlenmesi gibi bir işlemsel etkisi olabileceğini ileri sürüyor. Dikkat'in sınırlı kapasitede olmasının da bununla açıklanabileceğine inanıyor.

Jackendoff da, Johnson-Laird de işlevci akımdan. Bilgisayar programı yazarken makinenin içindeki tellerin bağlantılarım nasıl bilmek gerekmiyorsa, işlevci de beynin işlediği bilgileri ve beyinde bunu sağlayan işlemsel süreçleri incelerken, bunların sinirsel olarak nasıl yerine getirildiğini göz önünde bulundurmaz. Ona göre bunu düşünmek için ya çok erken ya da bunlar zaten tamamıyla konu dışı.[10]

Bu tavır, beyin gibi sonsuz derecede karmaşık bir aygıtın nasıl çalıştığını bulmada bir işe yaramıyor. Niçin kara kutunun içine bir bakıp

parçalarının davranışını gözlemeyelim? Zor bir sorunu çözerken bir eli arkaya bağlamak pek akıllıca değil. İleride beynin nasıl çalıştığını belli bir ayrıntı düzeyinde bilebildiğimiz zaman, üst düzeyde bir tanımlama (işlevciliğin ta kendisi), onun genel olarak davranışım düşünmekte yararlı bir yöntem olabilir. Böyle tanımların doğruluğu, her zaman daha alt, örneğin hücre ve molekül düzeyinde ayrıntıli bilgileri kullanarak sınanabilir. Üst düzeyde tanımlar, şimdilik kaydıyla, beyindeki karışık işlemleri ortaya çıkarmada yardımcı kabataslak bir yol gösterici olarak düşünülmeli.

Kaliforniya eyaletinin Berkeley kentinde Wright Enstitüsü profesörü Bernard J. Baars, A Cognitive Theory of Consciousness (Zihinbilimsel Bir Bilinç Kuramı) adlı bir kitap yazdı.[5] Baars her ne kadar bir zihinbilimei ise de, Jackendoff ve Johnson-Laird'le karşılaştırıldığında insan beyniyle ilgisi oldukça fazla.

Düşüncesinin temelini "Kapsamlı İşlemyeri" dediği şey oluşturuyor. Bu işlemyerinde belli bir zaman diliminde var olan bilgiyi, bilincin içeriği olarak saptıyor. Bir bilgi alışveriş merkezi görevini yapan bu işlemyeri birçok bilinçsiz alıcı işlemciye bağlıdır. Bu uzman işlemciler kendi alanlarında son derece etkindirler ama onun dışında hiç etkin değildirler. Ayrıca, işlemyerine erişmede hem işbirliği hem de rekabet içindedirler. Baars bu temel modeli birkaç yönde geliştiriyor. Örneğin alıeıişlemeiler tek bir geçerli yorumda anlaşıncaya kadar etkileşerek belirsizliği azaltabiliyorlar.*

Daha genel bir deyişle, Baars bilincin derinlemesine çalıştığım ve bilince erişimi denetleyen dikkate dayalı düzeneklerin var olduğunu düşünüyor. Kısa dönemli bellekteki şeylerin tamamının değil ama bir bölümünün bilincinde olduğumuza inanıyor.

Bu üç zihin kuramcısı bilincin doğasına ilişkin üç noktada kabaca aynı kamdalar. Beynin her etkinliğinin bilinçte karşılık bulmadığında ve bilincin etken bir süreç olduğunda hürleşiyorlar. Bilincin dikkat ve bir biçimde kısa dönemli bellek ile bağlantılı olduğuna inanıyorlar. Herhalde bilinçteki bilginin hem uzun dönemli olay belleğine hem de istemli hareketleri denetleyen hareket sisteminin üst planlama düzeylerine iletildiğini de kabul ederlerdi. Bunun ötesinde düşünceleri biraz ayrılık gösteriyor.

Bu düşünceler ile beyindeki sinir hücrelerinin yapısı ve etkinliklerine ilişkin gitgide artmakta olan bilgimizi birleştirerek ne öğrenebileceğimize yönelik bir yaklaşım bulmaya çalışırken, bu üç düşünce dizisini hiç akıldan çıkarmayalım.

*Baars'm modelinin tüm karmaşıklığını betimlemeye kalkışmadım. Modele bir sürü şey ekliyor, çünkü bilincin özün bilinci, kendini izleme gibi yanlarım ve bilinçsiz bağlamlar, irade, hipnoz, vb. ruhbilimsel etkinlikleri açıklamak istiyor.

Ben bilinç üzerine düşüncelerimin çoğunu, şimdi Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde (Caltech) hesaplama ve sinir sistemleri konusunda profesörlük yapmakta olan genç meslektaşım Christof Koch ile işbirliği yaparak geliştirdim. Birbirimizi, Christof Tübingen'de Tomaso Poggio'nun lisansüstü öğrencisi olduğu seksenlerin başından beri tanırız. Yaklaşımımız temelinde bilimsel.[11] Bilince ilişkin sorunları genel felsefi savlarla çözmeye çalışmamn umutsuz olduğuna inanıyoruz. Asıl gereken şey bu sorunlara ışık tutabilecek yeni deneyler için öneriler. Bunu yapabilmek için de ilerledikçe bırakabilmek ya da üzerinde değişiklik yapabilmek kaydıyla bir kuramsal düşünce takımımızın olması gerekiyor.[6] Bilinci her yanıyla açıklayabileceğini iddia eden dört başı mamur bir kuram kurmaya çalışmamak bilimsel yaklaşımın özüne uygun. Böyle bir yaklaşım salt insanlara özgü diye dili incelemekte de yoğunlaşmaz. Yapılacak iş, bilinci incelemeye şu anda hangisi uygun gözüküyorsa o sistemi seçip bilinci olabildiğince çeşitli yönlerden incelemek. Savaşta her cephede birden saldırmazsınız; en zayıf yeri yakalayıp kuvvetinizi orada toplarsınız.

İki temel varsayımda bulunduk. Birincisi, ortada bilimsel açıklama gerektiren bir şeyin olduğu. İnsanların, kafalarından geçen her şeyin bilincinde olmadıkları üzerinde ortak bir görüş var, nelerin böyle olduğu tartışma konusu olsa bile. Algılama ve bellek süreçlerinin sonuçlarımn birçoğunun farkında olsanız da bu farkındalığı yaratan süreçlere erişiminiz (örneğin "Nasıl oldu da dedemin adını anımsayabildim?") oldukça sınırlı. Hatta bazı ruhbilimciler daha üst düzeydeki zihinsel süreçlerin bile kaynağına içgözlemle ancak çok sınırlı olarak erişilebileceğini öne sürüyorlar. Ama yine de belirli bir anda kafanızdaki etkin sinirsel süreçlerin bazısı ile bilinç arasında ilişki olduğu, bazısıyla ise olmadığı olası gözüküyor. Bunların aralarındaki ayrım, nedir?

İkinci varsayımımız pek kuvvetli değil: bilincin çeşitli yanlan, örneğin acı ve görsel farkındalık, ya ortak bir temel düzeni, ya da yalnızca böylesi birkaç değişik düzeni kullanıyor. Belli bir yanı belirleyen düzeni bulabilirsek, hepsini anlamada önemli bir yol kat etmiş olacağımızı umuyoruz. Paradoksal olarak bilinç görünüşte öyle tuhaf ve ilk bakışta anlaması o denli güç ki ancak oldukça özel bir açıklama geçerli olabilecek. Bilincin alt düzeydeki olağan işleyişini bulmak, genel doğasını keşfetmekten daha zor olabilir. Örneğin üçboyutlu görmenizi sağlamak için beynin bilgiyi nasıl işlediği temel olarak bir sürü yoldan açıklanabilir. Bu varsayım gerçekten geçerli mi değil mi ileride belli olacak.

Christof ve ben bazı konuların bir kenara bırakılması ya da fazla açıklanmadan yalnızca belirtilerek geçilmesini önerdik, çünkü aksi takdirde onları tartışmakla boşuna zaman yitirildiğini deneyimlerimizden biliyoruz.

1. Herkes bilincin kabaca ne anlama geldiğini biliyor. Bilinci kesin olarak tanımlamaktan kaçınmak daha iyi, çünkü erken bir tanım tehlikeli. Sorunun ne olduğunu iyice bilmeden biçimsel bir tanıma kalkışmak hem yanlış yola yöneltebilir hem de aşırı kısıtlayıcı olabilir.[12]

2. Bilincin neye yaradığı konusunda derin tartışmaların da zamanı gelmedi daha, böylesi bir yaklaşım bize bilincin doğası hakkında yararlı ipuçları verebilse bile. Zaten ne idüğü belirsiz bir şeyin işlevini merak etmelerine şaşırıyorum. Bilinç olmadığında yalnızca olağan, önceden bilinen durumlarda iş görebildiğimiz, ya da yeni durumlarda ancak sınırlı verilere yanıt verebildiğimiz biliniyor.

3. Bazı hayvan türlerinin özellikle ileri memelilerin bilincin temel niteliklerinin ille tamamına değil ama bazılarına sahip olmaları akla uygun. Bu nedenle bu tür hayvanlar üzerinde yapılan uygun deneyler bilincin temelini oluşturan düzenekleri bulmada işe yarayabilir. Buradan (insanlarınki gibi) bir dil sisteminin bilinç için elzem olmadığı çıkar yani dil olmadan da bilincin anahtar nitelikleri var olabilir. Bununla dilin bilinci büyük ölçüde zenginleştirmeyeceğini söylemek istemiyoruz.

4. Bu aşamada ahtapot, tatarcık ya da nematodlar gibi “geri” hayvanların bilinçleri olup olmadığını tartışmak verimsiz. Ama bilincin bir sinir sisteminin karmaşıklık derecesiyle bir ölçüde ilişkisi olabilir. Bilincin

insanlarda ne ile ilişkili olduğunu hem ayrıntıda ve hem de ilkede açık seçik anladığımız zaman iyice alt düzeydeki hayvanların bilincine sıra gelecek.

Yine aynı nedenle kendi sinir sistemimizin bazı bölümlerinin kendilerine özgü, kendi başına bir bilinçleri olup olmadığım sorusunu sormayacağım. Eğer bana “elbette omuriliğimin de bilinci var ama bana anlatamıyor” derseniz bu aşamada sizinle tartışarak zamanımı yitiremeyeceğim.

5. Bilincin pek çok biçimleri var: görmeyle, düşünmeyle, duyguyla, acıyla vb. ilgili. Bunların içinde özbilincin, yani bilincin öze değinen yanının, özel bir konumu var gibi. Bize göre en iyisi şimdilik onu bir kenara bırakmak. İpnoz hali, gözü açık rüya görmek ve uykuda yürümek gibi oldukça olağandışı çeşitli durumlar da burada ele alınmayacak, çünkü bunların deneysel yarar sağlayacak özel nitelikleri yok.

Bilince bilimsel bir biçimde nasıl yaklaşabiliriz? Evet bilinç çeşitli biçimlere bürünebilir ama daha önce de değindiğim gibi ilk bilimsel hamlede incelenmesi en kolay görünen biçim üzerinde yoğunlaşmakla sonuç alınır. Christof ve ben görsel farkındalığı, acı ve özfarkındalık gibi öteki biçimlere yeğledik, çünkü insan görsel bir hayvan ve görsel farkındalığımız bilgi açısından çok canlı ve zengin. Ayrıca girdilerinin genellikle gelişmiş bir yapısı var; ancak denetlenmesi kolay. Bu nedenlerle üzerinde bir sürü deneysel çalışma yapılmış bile.

Görme sisteminin bir avantajı daha var. Ahlaki nedenlerle birçok deney insanlar üzerinde yapılamıyor ama hayvanlar üzerinde yapılabiliyor (Bu, dokuzuncu bölümde enine boyuna tartışılacak). Neyse ki ileri primatların görme sistemleri bizimkine benziyor ve makak maymunu gibi hayvanlar üzerinde görmeye ilişkin pek çok deney yapılmış durumda. Dil sistemini seçmiş olsaydık üzerinde deney yapılacak uygun bir hayvan bulamayacaktık.

Primat beynindeki görme sistemine ilişkin ayrıntılı bilgimize (onuncu ve on birinci bölümlerde verilecek) dayanarak beynin görme bölgelerinin bir görüntüyü (görüş alanım) nasıl parçalara ayırdıklarını anlıyoruz ama beynin dünyanın hayli düzenli bir görüntüsünü yani gördüğümüz şeyleri sağlamak üzere bu parçaları nasıl bir araya getirdiğini henüz bilemiyoruz. Öyle geliyor ki beyin farklı bölümlerindeki belli etkinlikleri kapsamlı bir birliğe zorluyor olmalı, yoksa görüş alanındaki bir nesnenin nitelikleri şekli, rengi, hareketi,

konumu, vb. bir biçimde bir araya getirileceğine bir anda öteki nesnelerin niteliklerine karışabilir.

Bu kapsamlı süreç pekâlâ “dikkat” olarak tanımlanabilecek düzenekler gerektirir ve bir tür çok kısa dönemli bellek ile ilişkilidir. Bu kapsamlı birliğin, söz konusu süreçte yer alan nöronların birbirleriyle ilintili ateşlemeleriyle anlatılabileceği ileri sürülmekte. Kabaca bu demektir ki, o belli nesnenin niteliklerine yanıt veren nöronlar aynı anda ateşleye dururken başka nesnelere karşılık gelen öbür etkin nöronlar bu kümeyle eşzamanlı ateşlemiyor (Bu olay on dördüncü ve on yedinci bölümlerde daha geniş tartışılacak). Soruna yaklaşmak için önce görmenin ruhbiliminden bir şeyler anlamalıyız.

III. Bölüm Görme

"Gözümle gördüğüme inanırım.”

Çoğunlukla davetlerde bilimci olmayan birinden ne işle uğraştığım sorusu geliyor. Memelilerin görme sistemiyle ilgili bazı sorunlar yani nasıl gördüğümüz üzerinde düşündüğümü söylediğimde genellikle hafifçe utanmayla karışık bir duraksamayla karşılaşıyorum. Sorgulayıcım görme kadar basit bir şeyde nasıl olup da bir güçlük olabileceğini aklından geçiriyor. Öyle ya, gözümüzü açıyoruz ve dünya işte karşımızda, kocaman ve aydınlık, capcanlı Technicolor renkli film gibi nesnelerle dolu; üstelik hissedilir bir çaba harcamamıza gerek kalmadan. O denli kolay ve rahat görebiliyoruz ki sorun bunun neresinde? îmdi, kafamı kurcalayan şey matematik, kimya, ya da daha kötüsü ekonomi gibi aklı çalıştırmayı gerektiren bir şey olaydı, konuşmaya değerdi. Ama görmek...?

Ayrıca, çoğu insan, beyni düzgün çalışıyorsa, bu konuda akıl yormayı gerekli görmez. Onlar insan beyninin ana “sorun”unun, bir tarafı bozulunca nasıl iyileştirileceği olduğuna inanıyorlar. Yalmzca bilimsel düşünen az sayıda kişi biraz daha ötesini düşünüp şu soruyu soruyor: Bir şeyi görürken beynim nasıl çalışır?

Görme sistemine ilişkin bugünkü bilgimizin oldukça şaşırtıcı iki yanı var. îlki, bildiklerimizin miktarı, neresinden bakarsanız bakın, korkunç

boyutlarda. Görsel ruhbilim (örneğin sinema perdesine art arda düşürülen fotoğrafların hangi koşullar altında sürekli bir hareket görüntüsü verdiği), görsel fizyoloji (gözün ve beynin ilgili bölümlerinin yapısı ve davranışları) ve görmenin molekül ve hücre biyolojisi (sinir hücreleri ve bunları oluşturan moleküller) konularında başlı başına dersler okutuluyor. Bu bilgiler birçok deneyci ve kuramcının hem hayvanlar ve hem de insanlar üzerinde yıllar boyunca çalışmaları sonucu edinildi.

Öteki şaşırtıcı şey de, bunca çalışmaya karşın, aslında nasıl gördüğümüze ilişkin açık seçik bir fikrimizin olmaması. Bu gerçek, yukarıdaki dersleri okuyan öğrencilerden saklanır genellikle. Elbette o kadar dikkatli çalışmadan ve ayrıntılı savlardan sonra görme sürecinin kesin bir bilimsel açıklamasına hâlâ ulaşamadığımızı ileri sürmek umut kırıcı olabilir. Ancak fizik, kimya ve molekül biyolojisi gibi pozitif bilimlerin ölçülerine göre, beynimizin bize çok olağan gelen bu canlı görsel farkındalığı nasıl yarattığını kabataslak bile bilmiyoruz henüz. İlgili süreçleri bölük pörçük anlıyor olduğumuz durumlarda bile, en basit sorulan yanıtlayabilecek ne yeterince ayrıntılı bilgimiz ne de düşüncemiz var: Renkleri nasıl görüyoruz? Tanıdık bir yüzü anımsayınca neler oluyor beynimizde? vb.

Ama üçüncü bir şey daha var şaşırtıcı olan. Nasıl gördüğünüze ilişkin amatörce bir düşünceniz vardır herhalde. Gözlerinizin küçük bir televizyon kamerasına az çok benzediğini biliyorsunuzdur. Gözünüzün her biri, bir mercek kullanarak önündeki dış görüntüyü ağtabaka adı verilen özel bir iç perdeye odaklar. Her ağtabakada ise gözünüze ulaşan fotonlara ışık parçacıklarına tepki gösteren milyonlarca bağımsız ışık duyargası vardır. İşte “siz” iki gözünüzden beyne gelen görüntüleri bir araya getirip görüyorsunuz. Pek fazla düşünmeden bunun nasıl olabileceğine ilişkin bir fikriniz vardır. Ama size şaşırtıcı gelebilecek şey şu: bilimciler nasıl gördüğümüzü hâlâ bilemiyor olsalar da, sizin nasıl gördüğünüze ilişkin düşüncelerinizin aşırı basit, ya da çoğu kez düpedüz yanlış olduğunu göstermek çok kolay.

Çoğumuz beynimizin içinde olup bitenleri izleyen (ya da en azından elinden geldiğince izlemeye çalışan) bir küçük adam (ya da kadm) bulunduğunu canlandırırız hayalimizde. Buna Homunkulus Aldatmacası diyeceğim (homunkulus “küçük adam”m Latincesi). Birçok kişi gerçekten de böyle hisseder aslında zamanı gelince bunun da açıklanması gerekecek

ama Şaşırtan Varsayımımız bunun böyle olmadığını belirtiyor ve kabaca "hepsi nöronlarca gerçekleştirilir" diyor.

Bu varsayım kabul edildiğinde görme sorunu tamamıyla yeni bir niteliğe bürünür. Kısacası, gizemli bir biçimde homunkulus olarak canlandırılana az çok karşılıkmış gibi davranan yapılar ve işlemler olmalı beyinde. Ama bunlar ne olabilir? Bu zor somya yanıt ararken görme işinin ardında neler yattığına bakmamız ve kafatasımızın içinde bu işi gören biyolojik alete ilişkin birşeyler bilmemiz gerek.

Niçin bir görme sistemine gerek var? Buna siz (ya da genleriniz) soyunuzu sürdüresiniz, ya da akrabalarınızın soyunuzu sürdürmelerine yardım edesiniz diye kestirmeden bir yanıt verilebilir ama bu genel yanıt pek bir şey açıklamaz. Uygulamada, hayvanlar yiyecek bulmak, düşmanlardan ve başka tehlikelerden kaçınmak, çiftleşmek, (bazı türlerde) çocuklarım yetiştirmek, vb. için görmeye gerek duyarlar. Bütün bunlar için iyi bir görme sistemi paha biçilmez bir araçtır.

Caltech'de çalışan nörobiyolog John Allman sürüngenlerle karşılaştırıldığında, memelilerin, sürekli etkinlikleri ve göreceli olarak yüksek ve değişmeyen vücut sıcaklıkları nedeniyle ısılarını korumaya özel bir gereksinimleri olduğunu savlıyor. Bu, bedenlerinin oylumuna göre yüzey alanlan büyük olan küçük memeliler için daha da bir önem taşıyor, Allman, memelilere özgü bir nitelik olan kürkün ve ayrıca memelilerin beyin kabuğundaki gelişmişliğin varlığım buna yoruyor. Beynin bu bölgesinin ilk memelilere yeterince yiyecek bulacak ve kendilerini sıcak tutacak kadar zekâ sağladığına inanıyor.

Memeliler her ne kadar zekilerse de bir hayvan türü olarak Özellikle kuvvetli bir görme duyulan yoktur, çünkü koku alma ve işitme yanında görmenin önemini az bulan küçük gececi hayvanlardan evrimleşerek gelmişlerdir. Çoğu mükemmel bir görme yetisi geliştirmiş olan primatlar (maymunlar ve insanlar) bu kurala uymuyor, üstelik insanda olduğu gibi koku alma duyuları da zayıf.

Dinozorlar yok olup gittiklerinde bu ilk memeliler dinozorların bıraktığı ekolojik köşelerde hızla gelişip evrimleştiler. Memelilerin zekâsı bunu etkin

bir biçimde yapmalarına yardım etti ve sonunda en zeki memeli olan insanın ortaya çıkmasına yol açtı.

Peki memeliler gözlerini ne için kullanırlar? Gözümüze giren fotonlar yalnızca görüş alanının* çeşitli yerlerinden ne kadar ışık geldiğim, bir de bu ışığın dalga boyunu gösterir. Ama asıl bilmek istediğiniz orada ne olduğu, onun ne yaptığı ve neler yapabileceğidir. Bir başka deyişle, gereksinimiz olan şey nesneleri ve hareketlerini görmek ve biraz da bunların ne "anlam"a geldiği ne yaparlar, neye yararlar, geçmişte onları (ya da benzeri nesneleri) ne zaman ve ne koşullar altmda görmüştünüz gibi.

Yaşamınızı sürdürmek ve soyunuzu sürdürebilecek bir kuşak bırakabilmek için bütün bu bilgiyi üstelik bilgisayar dilinde "gerçek zamanda" edinmelisiniz yani bilgiyi bayatlamadan işe yaratabilmek için yeterince çabuk. Yarınki hava tahminini hesaplamak bir hafta alıyorsa ne kadar kesin olursa olsun pek işe yaramaz. O halde hayati bilgileri olabildiğince çabuk edinmenin değeri çok fazladır. Bir hayvan ötekini öldürme peşindeyse bu özellikle hem avlayan hem de avlanan açısından geçerlidir. ,

Bunun için göz ve beyin bu önemli bilgileri edinmek için gelen ışığı çözümlemeye çalışmak zorundadır. Nasıl yaparlar bunu? Görmeyle ilgili olayların ayrıntısına girmeden önce üç genel gözlemde bulunayım.

1. Görme sisteminiz tarafından kolaylıkla aldatılabilirsiniz.

2. Gözlerinizin sağladığı görsel bilgide belirsizlikler olabilir.

3. Görme "bitiştirici" bir süreçtir.

Birbiriyle ilişkileri de olsa bunları sırasıyla tek tek ele alalım. ,

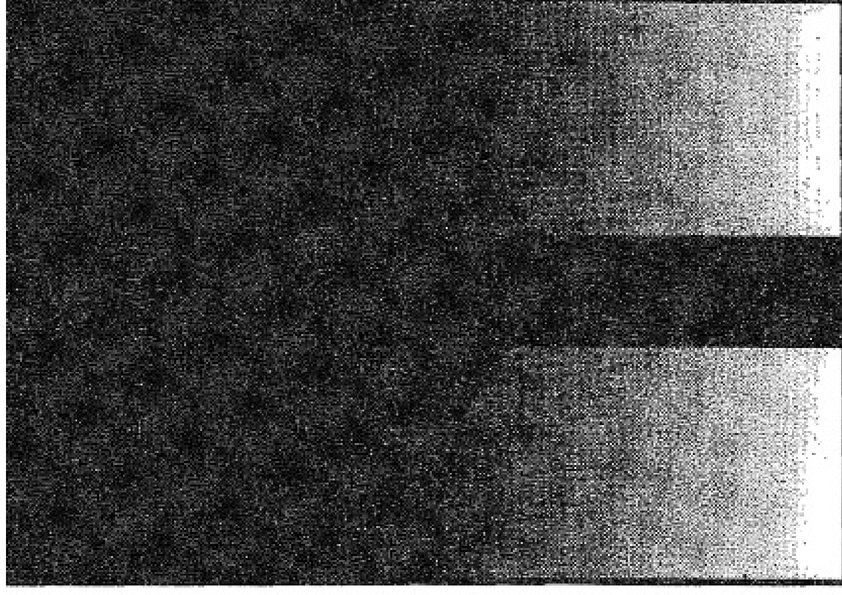
Görme sisteminiz tarafından kolaylıkla aldatılabilirsiniz. Örneğin pek çok insan önündeki her şeyi pırıl pırıl gördüğüne inanır. Çalışma odamın penceresinden dışarı baktığımda, hemen karşımdaki gül ağaçlarıyla daha sağdaki ağaçlan aynı berraklıkta gördüğüm izlenimindeyim. Bir an gözlerimi oynatmadan durunca bunu yanlış olduğunu gözlemliyorum. Aslında yalnızca tam baktığım noktadaki ince ayrıntıları görebiliyorum. Kenara doğru görüşüm giderek bulanıklaşıyor. Görüşümün en uç noktalannda ise nesneleri

zorlukla seçebiliyorum. Bu sınırlama gündelik yaşamda belirgin olmuyor, çünkü gözlerimizi her an kolaylıkla oynattığımızdan her yeri aym berraklıkta gördüğümüz yanılsaması içindeyiz.

*Daha yerinde bir terim uyan alanı, ama görüş alanı ya da görsel sahne gibi terimlerin okuyucuya daha güzel geleceğini hissediyorum. Dış dünyadaki nesneler ile kafanızda onları görmenize karşılık olan süreçleri ayırt etmek elbette önemli.

Mavi bir kalem ya da kırmızı bir kâğıt parçası gibi renkli bir nesneyi kafanızın bir tarafına doğru ama göremeyeceğiniz kadar geride tutun. Görüş alanınıza ancak girecek biçimde yavaş yavaş öne getirin. Gözlerinizi sakın oynatmayın. Nesneyi salladığınızda daha ne olduğunu görmeseniz de, bir şeyin oynamakta olduğunun farkına vanrsımz. Kalemin (ya da kâğıt parçasının) daha rengini görmeden yatay mı düşey mi olduğunu söyleyebilirsiniz. Hem biçimini hem de rengini gördüğünüz zaman bile, tam baktığınız noktaya iyice yaklaşmadıkça nesnenin ayrıntılarını göremeyeceksiniz. Benim kalemimin üzerinde “ekstra ince uçlu” yazıyor. Çok minik harflerle yazılmış bu yazıyı gözlüğümle yaklaşık otuz santimden okuyabiliyorum. Ama yanma parmağımı getirip kaleme değil de parmağımın ucuna bakarsam, baktığım noktadan çok az uzakta olduğu halde kalemin üzerindeki bu yazıyı okuyamıyorum. “Görsel keskinlik” bakılan noktanın dışında çabucak azalıyor.

Görme sisteminizin sizi nasıl aldatabileceğim doğrudan ve basit bir biçimde görmek için Şekil l’e bakınız. Bakar bakmaz soldan sağa doğru karanlıktan aydınlığa giden bir zemin üzerinde bir yatay şerit görüyorsunuz. Bu şerit solda daha açık, sağda daha koyu gözüküyor. Oysa şerit aslında her yerde aynı griliktedir; bunu iki taraftaki zemini ellerinizle maskeleyerek kolayca görebilirsiniz.



Şekil 1. Yatay şerit aynı tonda mı?

Görme sistemimiz bizi daha sinsice de aldatabilir. Şekil 2'ye bakınız. Bu şekil Triesteli Italyan ruhbilimcisi Gaetano Kanisza'ya atfen Kanisza üçgeni olarak bilinir.[1] Üç kara yuvarlağının* üstünde duruyormuş gibi görünen beyaz bir üçgen görüyor olmalısınız. Bu üçgen size zeminden biraz daha beyazmış gibi görünebilir

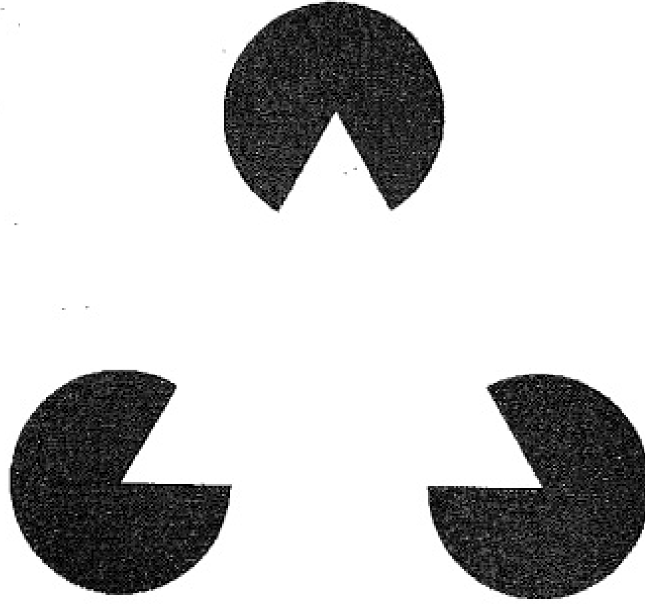
Bu beyaz üçgenin kenarlan gibi sınırlara "aldatıcı sınır" denir, çünkü gerçek bir sınır çizgisi yok ortada. Bunu "sınır çizgisi"nin bir bölümünü açıkta bırakıp şeklin geri kalanını elinizle kapatarak kolayca görebilirsiniz. Sınır çizgisinin olması gerektiği yerde dümdüz bir beyazlıktan başka bir şey olmadığı görünecek. .

İkinci genel gözlemim gözlerinizin sağladığı görsel bilginin genellikle bir yönüyle belirsizlik taşıdığıdır. Bu haliyle önünüzdeki gerçek dünyadaki nesneleri belirsizliğe yol açmadan yorumlamanıza yetmez tek başına. Aslında çoğu kez farklı bir sürü yoruma açıktır görsel bilgi.

Bunun apaçık örneği üç boyutta (3B) görme olayıdır. Kafanızı hiç oynatmadan bir gözünüzü kapadığınız zaman bile bir ölçüde dünyayı derinliğiyle görebilirsiniz, ancak görsel bilginiz yalnızca açık kalan gözünüzün ağtabakasma düşen ikiboyutlu (2B) görüntüden gelmektedir. Karşınızdaki nesnenin düz beyaz bir zemin üzerinde siyah bir kare levha

olduğunu varsayın (Şekil 3a’ya bakımz). Onu elbette bir kare olarak göreceksiniz. "Aslında bir parçası böyle çıkartılmış yuvarlaklara “pekrtıen” denir.

Bu levha aslında hiç de kare olmayıp tuhaf biçimli yamuk bir dörtgen olabilir (Şekil 3b’ye bakınız); ama öyle ki ağtaba-ka üzerindeki izdüşümü dikdörtgen levhanmkinin aynısıdır. Üstelik ağtabakada aynı görüntüyü veren pek çok sayıda çarpık levha bulunabilir.



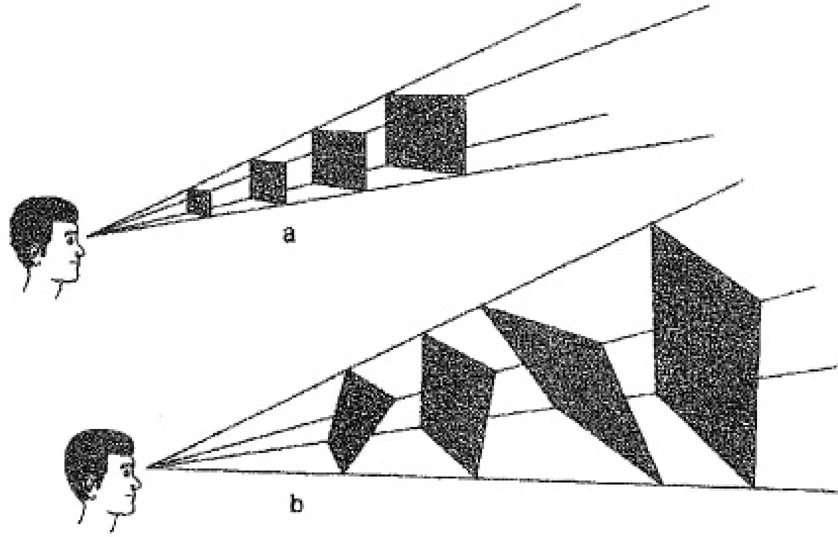
Şekil 2. Beyaz bir üçgen görüyor musunuz?

Bu örnek size biraz zorlama gibi gelebilir, çünkü dünyaya bir gözümüz kapalı kafamızı oynatmadan bakmıyoruz ki diyebilirsiniz. Ama diyelim ki bir fotoğrafa ya da gerçekçi bir resme bakıyorsunuz. Bu durumda kafanızı oynatmanız ve her iki gözünüzü kullanmanız size ancak fotoğraf ya da resmin aslında bir düzlem olduğunu belli eder. Yine de çoğu durumda resimde temsil edileni hâlâ üçboyutlu görmeye devam edersiniz.

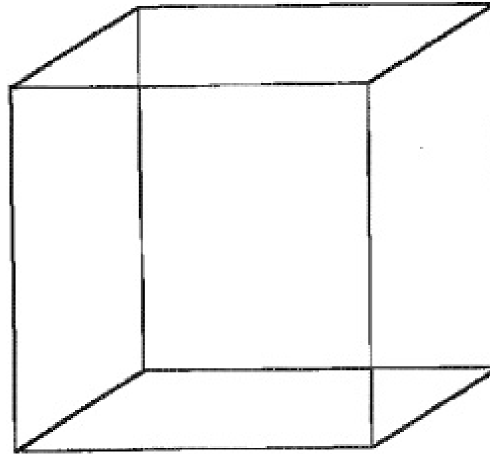
Bazı basit çizımlerin birden çok akla uygun yorumlan olabilir, Şekil 4 kâğıt yüzeyinde 12 kesiksiz siyah çizgiden oluştuğu halde, hemen herkes onu 3B (üçboyutlu) bir küpün dış hatları olarak görür. Necker küpü denilen

bu çizimin ilginç bir özelliği var. Bir süre gözünüzü dikip baktığınızda küp, sanki başka bir açıdan bakıyormuşsunuz gibi yön değiştirecek. Ama bir süre sonra algınız ilk baştakine döner ve bir öyle bir böyle. Bu durumda görüntünün her ikisi de eşit olarak akla uygun iki tane 3B yorumu var ve beyin hangisini yeğleyeceğini bilemiyor. Aynı anda her ikisinin bir tür karışımını değil de, bir an birini, sonra ötekisini seçtiğine dikkat edin.

Bir görüntünün farklı niteliklerini yorumlamaya ilişkin sorunlar, matematikçilerin "kötüverili problem" dediklerindendir. Her biri için pek çok olası çözüm bulunabilir ve bu çözümlerin hepsi de, başkaca bir veri yoksa, aynı ölçüde geçerlidir. Doğru çözüme (yakınma gidip dokunmak gibi başka deneylerle doğrulanabilen) "gerçek dünya"ya en yakın çözüme ulaşabilmek için matematikçilerin "sınırlamalar" olarak adlandırdıkları kuralları uygulamamız gerekir. Bir başka deyişle, gelen bilginin en iyi nasıl yorumlanacağı konusunda sistemin kendi yapısına özgü ya da sonradan elde ettiği bazı kuralları bulunmalıdır.



Şekil 3. Bu iki şekildeki levhaların hepsi gözün ağtabakası üzerinde aynı görüntüyü oluşturur. Şekil 3a'daki nesneler aynı biçimde ama farklı boyutlardadır. Şekil 3b'dekilerin biçimleri değişiktir. Nesnelerin aynı köşeleri, gözlemcinin gözüne yakın bir yerde kavuşan uzun düz çizgilerle gösterilen aynı kaçış çizgileri üzerinde bulunmaktadır.



Şekil 4. Bu küpe gözünüzü dikip bakın. Biçim değiştiriyor mu?

Normal olarak belirsizlik kalmadan görmenizin nedeni beynin görsel sahnenin birçok ayrı özelliği (biçim, renk, hareket, vb.) tarafından sağlanan bilgiyi bir araya getirmesi ve bu çeşitli görsel ipuçlarının hepsinin birden en akla uygun yorumunda karar kılmasıdır.

Üçüncü genel gözlemim görmenin bitiştirici bir süreç olduğudur, yani beyin gelen görsel veriyi edilgin bir biçimde kaydetmek ile kalmaz. Yukarıdaki örneklerdeki gibi, etkin bir biçimde onu yorumlama peşindedir. Bir başka çarpıcı örnek "boşluğu doldurma" olayıdır. Boşluğu doldurmanın

bir türü kör nokta ile ilgilidir. Kör noktanın nedeni, beyne giden sinirlerin gözün bir noktasından çıkmak zorunda oluşu ve ağtabakanm bu küçük bölgesinde ışık duyargalarına yer kalmayışıdır (Şekil 38'e bakınız). Bir gözünüzü kapayın ya da örtün ve ileri doğru bakın. Parmağınızı burnunuzdan otuz santim kadar ötede düşey olarak tutun, öyle ki ucu gözünüzle aynı hizada olsun. Parmak ucunuzu, gözünüzü diktiğiniz yerle yaklaşık 15 derece açı yapıncaya kadar burnunuzdan uzağa doğru yatay doğrultuda hareket ettirin. Biraz arayınca parmak ucunuzun görünmez olduğu yeri bulabilirsiniz (Gözünüzü doğruca ileriye bakar durumda tutmalısınız). Görüş alanının o noktası için körsünüz.

Orası için körsünüz ama görme alanmızda hiç delik yok. Bu yazıyı yazarken evimde çalışma odamın penceresinden dışarıdaki çim bahçeye bakıyorum. Bir gözümü kapatıp öbürünü de oynatmasam bile algıladığım çimende bir delik görmüyorum. Ne kadar tuhaf görünse de beyin kör noktayı orada ne olabileceğine ilişkin bir tahminde bulunup doldurmaya çalışıyor. Ruhbilimci ve sinirbilimciler bu tahmini nasıl yaptığını bulmaya çalışıyor (Doldurma işlemini dördüncü bölümde derinlemesine inceleyeceğim).

Bu başlığın girişine "Gözümle gördüğüme inanırım" deyişini koydum; Gündelik konuşmada bu bir şeyi gördüğünüzde onun gerçekten orada olduğuna inanabileceğiniz anlamına gelir. Ben bu üstü örtülü deyişin oldukça değişik bir yorumunu vurgulayacağım: Gördüğünüz şey gerçekte orada olan değil, beyninizin orada olduğuna inandığı dır. Çoğu durumda bu gerçekten de önünüzde görünen dünyanın ayırt edici niteliklerine doğrudan karşılık gelir, ama bazı durumlarda "inandığınız" yanlış çıkabilir. Görme, etkin ve bitiştirici bir süreçtir. Beyniniz geçmiş deneyimlerine ve gözlerinizin sağladığı sınırlı ve belirsiz bilgiye dayanarak kendince en iyi yorumu yapmaktadır. Evrim beyninizin bunu çoğu kez eşi görülmedik bir başarıyla yapmasına olanak tanımıştır, ama her zaman değil. Ruhbilijneiler görsel aldatmacalarla ilgilenirler, çünkü görme sisteminin zaman zaman uğradığı bü başarısızlıklar sistemin nasıl örgütlendiği konusunda yararlı ipuçları verebilir.

O halde görmeyi nasıl irdeleyelim? Hiç bu konuyu dert edinmemiş birinin safça görüşleriyle başlayalım. Gayet açık ki önümde görünen dünyanın kafamda bir "resmi" var gibi. Ama beynin içinde bir yerde dışarıdaki dünyaya karşılık gelen ışık şekilleri oluşturan gerçek bir perde

olduğuna çok az kişi inanır. Hepimiz televizyon gibi bunu yapabilen makineler olduğunu biliyoruz ama insanın kafasını açtığımızda çeşitli renklerde ışık saçan bir dizi beyin hücresiyle karşılaşmıyoruz. Elbette TV resmindeki bilginin yalnızca ekranda temsil edilmesi gerekmiyor. Bilgisayar programı kullanarak desenler yaratıyorsanız bunların ekrandaki görüntüsü bilgisayarın içinde ışık şekilleriyle saklanmadığım bilirsiniz. Bu bilgiler bilgisayarın bellek devrelerinde bir dizi elektrik yükleri olarak temsil edilirler. Bu yükler, resmin her noktasındaki ışık şiddetini temsil eden düzenli sayı dizilerini saklayabilir. Böyle bir bellek resme benzemez ama bilgisayar onu kullanarak ekrandaki görüntüyü oluşturabilir.

İşte bu simge için bir örnek. Bilgisayarın belleğindeki bilgi resmin kendisi değildir ama onu simgeler. Simge, sözcük gibi, başka bir şeyin yerine geçen bir şeydir. Köpek sözcüğü bir tür hayvan için kullanılır. Kimse köpek sözcüğü ile gerçek hayvanı karıştırmaz. Simgenin bir sözcük olması gerekmez. Kırmızı trafik lambası “dur’ü simgeler. Demek ki beyinde görsel olayın simgesel bir temsilini bulacağımızı sanıyoruz.

Peki, diyebilirsiniz, niçin beyinde simgesel bir ekran olmasın? Ekranın düzenli bir biçimde dizilmiş sinir hücrelerinden yapılmış olduğunu varsayalım. Sinir hücrelerinin her biri resimdeki belli bir “nokta”nm etkinliğiyle görevlendirilsin. Sinir hücresinin etkinliği o noktadaki ışık şiddetiyle doğru orantılı olacaktır. O noktada ışık fazlaysa sinir hücresi çok etkin, ışık yok ise eylemsiz durumda olacaktır (Her nokta için üç sinir hücresi görevlendirerek renk olayını da katabiliriz). Böylece temsil simgesel olacaktır. Önerilen bu ekranın hücreleri ışık saçmazlar ama ışığı simgeleyen elektriksel bir tür etkinlikte bulunurlar. Bu açıklama niçin yeterli olmasın?

Böyle bir düzeneğin sorunu, tek tek ışık kümelerinden başka bir şeyi “algılayamayacağadır. Televizyonunuzunun görebildiğinden fazla bir şey göremeyecektir. Arkadaşınıza “O güzel kadın haberleri okumaya başlayınca bana haber ver,” diyebilirsiniz, ama televizyonunuzu bunu yapabilecek duruma getirebilmeniz umutsuzdur. Bırakın belli bir şeyi yapan belli birini tanımasını, bir kadını bile tanıyabilmesi için yeterince donanımı yok. Oysa beyniniz (ya da arkadaşımzmki) bunu hemen hiçbir çaba gerektirmeksizin yapabiliyor.

Öyleyse beyin yalnızca nerede ne ışık şiddeti olduğunu gösteren bir sinir hücresi takımıyla işini görüyor olamaz. Daha üst düzeyde simgesel tanımlama oluşturuyor olmalı, hatta belki de birden çok düzeyde. Biraz önce gördüğümüz gibi bu pek basit bir konu değil, çünkü geçmiş deneyimlerine göre görsel işaretlerin en iyi yorumunu bulması gerekiyor. Yani beynin kurması gereken şey, nesneler ve olaylar ve bize göre anlamları cinsinden görsel olayın çokdüzeyli bir yorumu. Bir nesnenin (örneğin yüz) çoğu kez parçalan (örneğin gözler, burun ağız, vb.), parçaların da yine başka parçalan olduğundan, bu simgesel yorumun birden çok düzeyde gerçekleştirilmesi olasıdır.

Elbette bu üstdüzeyde yorumlar ağtabakaya düşen ışıkta saklıdır, ama bunu söylemek yetmez. Beyin bu yorumları açık etmek zorundadır. Bir şeyin açık gösterimi, daha fazla işleme gerek kalmadan onunla neyin temsil edildiğinin belli olmasıdır. Saklı bir temsil' de aynı bilgiyi içerir ama onu açık etmek için çok daha fazla işleme gerek vardır. Bir televizyona, ekranının bir yerinde kırmızı renk olduğunda uyarı işareti verecek bir alet eklemek kolaydır. Ekranda bir kadın yüzü göründüğünde uyarmak için ise o kadar çok işlem gerekir ki bunun için gereken karmaşıklıkta bir düzeneği bugün yapamayız.

Birşey açık olarak simgelendiğinde, bu bilgi daha fazla işlemek ya da eyleme geçmek için hemen kullanmaya hazır durumdadır. Sinir söyleminde “açık,” sinir hücrelerinin bu bilgiyi oldukça doğrudan simgeler biçimde ateşlemeleri demek gibi. Bu nedenle bir olayı “görmek” için onun çokdüzeyli, açık bir simgesel[13]yorumuna gerek olduğu akla uygun görünüyor.

Çoğu kişinin, gördüklerinin dünyanın simgesel bir yorumu olduğuna inanması zor her şey o kadar "gerçek” görünüyor ki. Ama aslında dünyadaki nesnelere ilişkin doğrudan bilgimiz yok. Bu, sistemin yeterince becerikli olmasının yarattığı bir aldatmaca, çünkü az önce gördüğümüz gibi yorumlarımız ara sıra yanlış çıkabiliyor. Ama insanlar, asıl görmeyi, beyin denen incelikli aletin yardımıyla, gizemli olduğu kuşkusuz bir biçimde bedensiz bir ruhun yaptığına inanmayı yeğliyorlar çoklukla. Bunlara “ikilici” deniyor maddenin başka aklın tamamıyla başka bir şey olduğuna inanıyorlar. Şaşırtan Varsayım’ımız bunun tam karşısında; böyle olmadığını, her şeyin

sinir hücrelerinin işi olduğunu söylüyor. Bu iki görüşten birinde nasıl deney yoluyla karar kılınılabileeeğidir konumuz.

IV. Bölüm Görme Ruhbilimi

Ruhbilim tarihinin derinliklerine indiğimizde kendimizi hayalperest görüşler, çelişkiler ve biraz gerçeğe bulanmış inanılmaz saçmalıklarla dolu bir labirentte buluruz.

Thomas Reid

Umarım görmenin sandığınız kadar basit olmadığına ikna edebildim sizi. Görme, beynin görsel olayın pek çok değişik "özellikler"ine aynı anda yanıt verdiği ve geçmiş deneylerinin rehberliğinde bunları anlamlı bir bütünde bir araya getirdiği bitiştiriei bir süreçtir. Bn süreç, beyninizde görsel olayın açık, çokdüzeyli simgesel bir yorumuna vardıran birtakım etkin işlemler gerektirir.

Şimdi nesneleri, (bize ve birbirlerine göre) konumlarını ve şekil, renk, hareket vb. birtakım niteliklerini görebilmemiz için beynin yapması gereken temel işlemlere bakalım. Anlaşılması belki de en önemli olan şey, görüş alanındaki nesnelerin bize öylece verilmediği. Nesnelerin hiçbiri sizin için açıkça ve belirgin bir biçimde işaretlenmiş değildir. Beyniniz görsel olayda tek bir nesneye ait parçaları birleştirebilmek için çeşitli ipuçlarını kullanmak zorundadır. Gerçek dünyada çoğu kez kolay olmaz bu. Nesnenin bir bölümü saklı ya da karmakarışık bir zemin üzerinde seçilmesi zor olabilir.

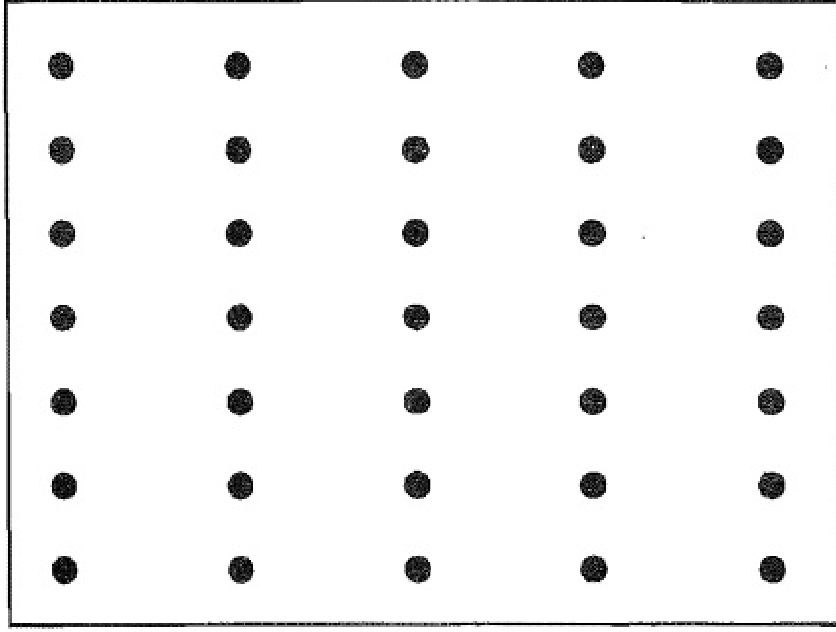
Bunu bir örnekle görmek için Şekil 5'teki fotoğrafa bakınız. Hemen, hiç belli bir çaba göstermeksizin, pencereden dışarı bakan bir genç kadın yüzü göreceksiniz. Ancak biraz daha yakından bakın. Pencerenin tahta çıtaları kadının yüzünü dört parçaya bölüyor gibi; ama bu parçaları şans eseri bir araya gelmiş dört değişik yüzden dilimler olarak görmüyorsunuz. Beyniniz bu dört parçayı birleştirerek tek bir nesne, tahta çıtaların arkasında bir yüz olarak yorumluyor. Bu birleştirmeyi nasıl beceriyor?



Şekil 5. Tek bir yüz mü, yoksa dört değişik yüzden parçalar mı?

Bu, Geştalt ruhbilimcileri Mâx Wertheimer, Wolfgang Köhler ve Kurt Koffka'nın başlıca ilgi alanlarından biriydi. Geştalt hareketini 1912 dolaylarında Almanya'da başlattılar. Naziler başa geçince her üçü de Almanya'yı terkedip sonunda ABD'ye yerleştiler. Sözlüğüm geştalt (Türkçe'de geştalt okunur) sözcüğünü "tek tek her parçasının birbirini etkilediği ve kendisi parçalarının toplamından daha fazla olan örgütlü bir bütün" olarak tanımlıyor.* Bir başka deyişle, beyniniz, gerçek dünyadaki bir nesnenin söz konusu özelliklerine parçaların hangi birleşiminin o nesneye en olası karşılık olduğunu bularak bu "bütün"leri etkin olarak kurmalıdır. Bu tahminleri de deneyimlerinize ve uzak atalarınızın genlerinizde yer etmiş geçmiş deneyimlerine dayandırmalıdır.

*Birinci başlık altında açıkladığım gibi, "toplam" saf anlamıyla kullanıldığında bu kuşkusuz doğru.



Şekil 6. Benekler yatay çizgiler üzerinde gibi mi yoksa düşey çizgiler üzerinde mi ?

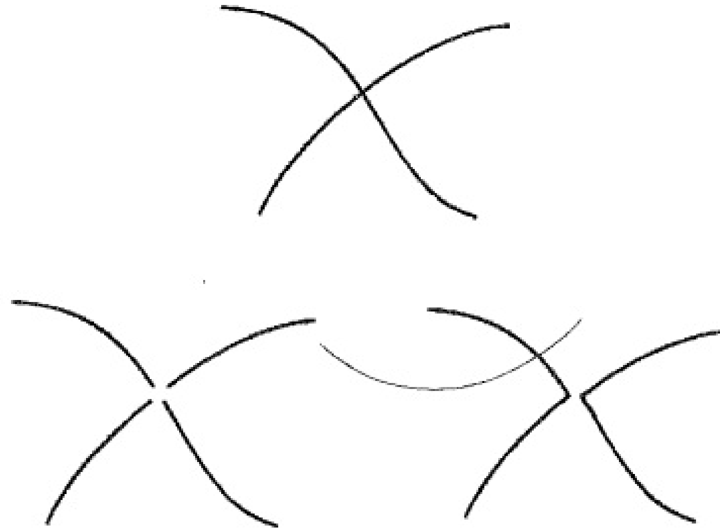
Belli ki önemli olan parçaların etkileşimi. Geştaltçılar görme sisteminde yaygın olduğu anlaşılan etkileşim türlerini, algılamanın yasaları olarak sınıflandırmaya çalıştılar.[1] Buldukları yakınlık, benzerlik, "iyi" süreklilik ve kapalılık gibi kümelendirme kurallarını sırayla ele alalım.

Yakınlık Yasasına göre birbirine yakın ve öbür (benzeri) nesnelerden uzak şeyleri kümelendirme eğilimindeyizdir. Bu, düzgün dikdörtgen biçiminde dizili küçük siyah beneklerden oluşmuş Şekil 6'da açıkça görülüyor. Beyniniz noktaları yatay ya da düşey çizgiler üzerindeymiş gibi görebilirdi. Ama düşey yönde benekler komşularına yatay yöndekilerden daha yakın oldukları için onları düşey çizgilerde kümelendiriyorsunuz. Ayrıca başka deneyler yakınlığın genellikle ağtabakada değil "uzayda yakınlık" olarak anlaşıldığını gösteriyor.

Geştaltçıların Benzerlik Yasasına göre renk ve hareket yönü gibi açık bir ortak görsel özelliği olan şeyleri kümelendiririz. Hareket eden bir kediye baktığınızda, vücudunun parçalarını bir arada görürsünüz, çünkü parçaların hepsi ortalama olarak aynı yönde gitmektedir. Çalıların arasında sürünen kedi de aynı nedenle tanınabilir. Ama durağan bir kedinin varlığını fark etmek güç olabilir.

İyi Süreklilik Yasasını, birbirini kesen iki eğriyi gösteren Şekil 7 betimliyor. Bu şekilde gerçekten de, bir noktada birleşen dört eğri ya da iki tane V biçiminde eğri değil de kesişen iki eğri görürüz. Ayrıca kesikli çizgileri de aralarını birşeyin örttüğü sürekli çizgiler olarak görme eğilimindeyizdir.

Şekil 8a’daki sekiz garip nesneye bakınız. Ortadaki ikisi Y harfi gibi, diğer altısı ise bozuk okları andırıyor. Şimdi Şekil 8b[5]ye bakın. Sanırım üzerinde 3 çapraz şerit bulunan 3B bir küp çerçevesi göreceksiniz. Garip nesneler her iki şekilde de var, ama İkincisinde kübü kolaylıkla görebiliyorsunuz, çünkü şeritlerle örtülü tek bir nesne gibi görünüyor. îlk şekilde yeterince güçlü bir örtülme hissi veren bir şey olmadığı için sekiz bağımsız nesne görüyorsunuz.[14]



Şekil 7. Üstteki şekli birbirini kesen iki çizgi olarak mı görüyorsunuz?

Kapalılık çizgi çizimlerinde kolaylıkla görülür. Bir çizgi kapalı ya da kapalıya yakın bir şekil oluşturuyorsa, bunu yalmzca bir çizgiden öte, çizginin çevrelediği bir yüzey olarak görme eğilimindeyiz.

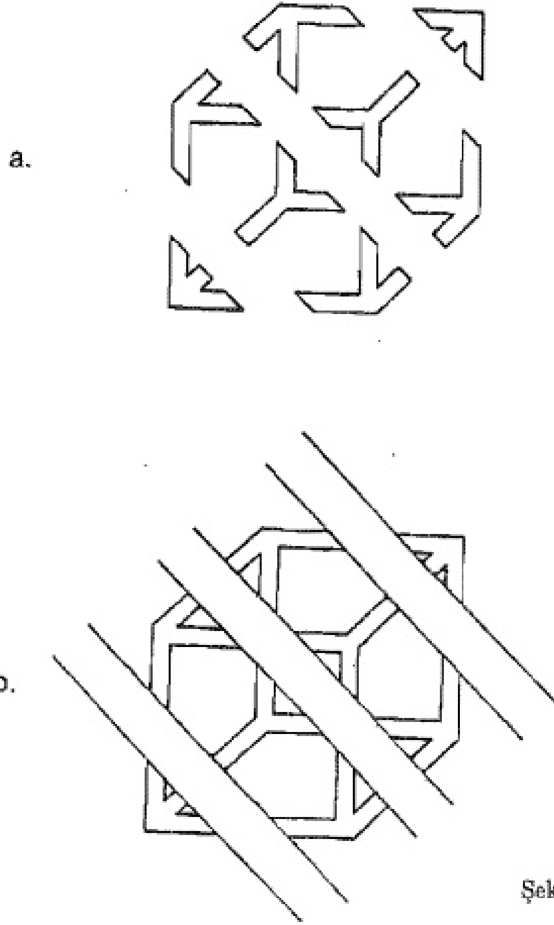
Geştaltçıların bir de -kabaca “iyilik” olarak çevrilebilecek“Prâgnanz” dedikleri bir genel ilkeleri vardı. Buradaki temel düşünceye göre görme sistemi, görsel verilerin en basit, en düzgün ve bakışık yorumuna varır.

Beyin yorumlardan hangisinin “en basit” olduğuna nasıl karar verir? Modern, görüşe göre en iyi yorum, tanımlanması için (teknik anlamda) en az bilgi gerektirendir; buna karşılık kötü yorum fazla bilgi ister.[15]

Başka bir biçimde anlatmak gerekirse, beyin genellikle acayip bir yorumu değil de akla uygun bir yorumu yeğler, yani bakış açısındaki ufak bir değişimden dolayı kökten değişmeyecek bir yorumu. Bunun böyle olmasının nedeni şu; geçmişte bir nesneye bakarken çoğu kez hareket eder durumdaydınız ve beyniniz o nesnenin değişik görünüşlerini tek bir şeyinki olarak kaydetmesi gerektiğini öğrenmişti.[2]

Geştaltçıların Algılama Yasaları katı kurallar olarak değil de bulguya yarayan araçlar olarak düşünülmelidir. Böylelikle görmeye ilişkin sorunlara uygun bir giriş sağlarlar. Pek çok ruhbilimci bu “yasa”larm ortaya çıkmasına tam olarak hangi süreçlerin yol açtığını bulmaya çalışıyor.

Geştaltçıların da buldukları gibi, görmede önemli bir işlem, şekli zeminden ayırmadır. Ayırdına varılacak nesneye “şekil,” çevresine de “zemin” denir. Bu ayrım her zaman açık seçik belli olmayabilir. Şekil 9’a dikkatle bakınız. Bunu daha önce hiç görmediyseniz herhangi bir tanıdık nesne görmekte zorluk çekeceksiniz. Bir süre baktıktan sonra resmin bir yerinde bir Dalmaçya köpeğini fark edebilirsiniz. Şeklin zeminden ayırt edilmesi bu örnekte kasten zorlaştınlmıştır.



Şekil 8. Ne görüyorsunuz?

Şekil zemin ayrımının belirsiz olduğu görüntüler yaratılabilir, Şekil 10'a bakınız. İlk bakışta bir vazo göreceksiniz. Bakmayı sürdürdüğünüzde vazo yerine profilden iki yüz görebilirsiniz. îlk başta şekil vazoyken şimdi profiller şekil oldu, vazo ise zemin. Aynı anda her iki yorumu birden görmek zor.

Beyin pek çok ipuçlarına dayanarak hangi görsel özelliklerin tek bir nesneninkilef olduğuna karar verirken az önce anlatılan Geştalt Algılama Yasalarına kabaca ıyar. Böylece, belli bir nesne toplu durumdaysa (yakınlık), sınırları belliyse (kapalılık), tek bîr yönde ilerliyorsa (ortak yazgı) ve tamamı aynı renkteyse (benzerlik), onun hareket eden kırmızı bir top olduğunu fark etmemiz zor olmaz.

Bir hayvan için bunu başarıyla yapabilmek önemlidir, yoksa avcıyı ya da avı, ya da başka yiyecekleri, örneğin bir elmayı, hemen fark edemez. Şekli zeminden ayırabilmelidir. Kamuflaj dediğimiz şey işte bu işlemi

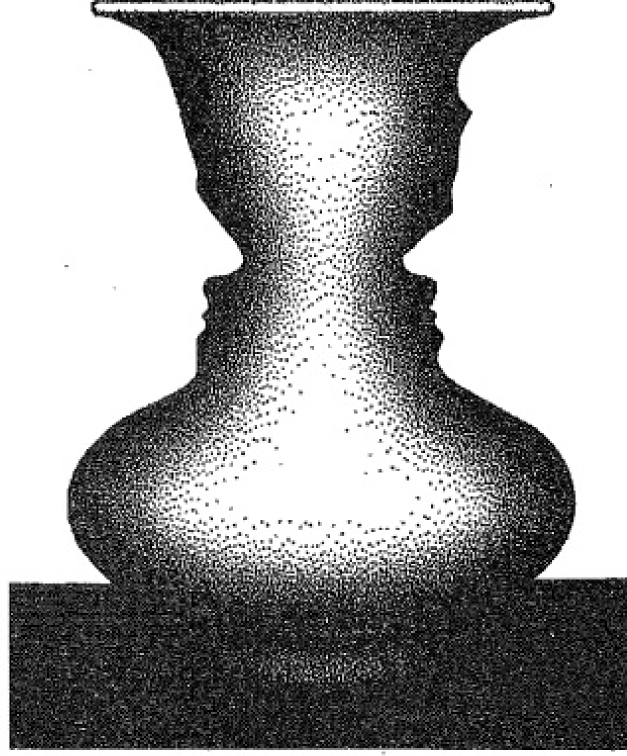
yanıltmaya çalışır. Yani kamuflaj (askerlerin savaş giysilerindeki gibi) yüzeydeki sürekliliği bozar ve gerçek hatları gizlemek için karışık çizgiler kullanır. Renkler de zemine karışacak gibi seçilmiştir. Kedi pusuda dikkatle ilerlerken, avına hareketinden dolayı ipuçları vermekten kaçınmak için ara sıra hareketsiz kalır. Bizim gelişkin renk görme duyumuzun da primat atalarımız yeşil yaprak zemin üzerindeki kırmızı meyveyi kolay görebilsin diye evrim içinde geliştiği ileri sürülmüştür. Bize bunca görsel keyifler veren bu duyu, yiyecek bulmak ve kamuflajı etkisiz bırakmak için bir araç olarak ortaya çıkmış olabilir.



Şekil 9. Köpeği görebiliyor musunuz?

Göz ve beyin üzerindeki çalışmalardan (onuncu bölümde anlatılacak) görme işleminin erken aşamalarına ilişkin bir şeyler biliyoruz. İlk yapılması gereken işlem fazla bilgiyi ortadan kaldırmaktır. Gözdeki ışık duyargaları üzerlerine düşen ışığa tepki gösterirler. Düzgün beyaz bir duvara bakıyorsunuz diyelim. Bu durumda gözünüzün kocaman bir bölgesindeki ışık duyargaları ışığa aşağı yukarı aynı biçimde tepki gösteriyor olacaktır. Bunca bilginin hepsini beyne göndermeye ne gerek var? Gözünüzün ağtabakası bu görsel veriyi güzelce işleyip beyne yalnızca ışık şiddetinin nerede (duvarın kenarlarında) değiştiğini söyler. Ağtabakanın bir bölgesi boyunca bir değişiklik yoksa bir işaret gönderilmez. Beyin de “işaret yok”u

“değişiklik yok” olarak yorumluyor ve duvarın o bölgesinin görsel olarak düzgün olduğunu çıkarsıyor olmalıdır.

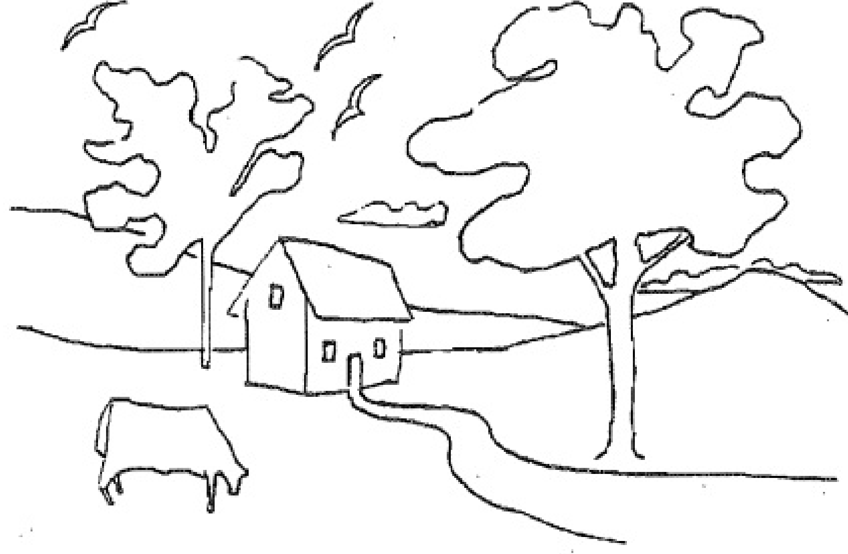


Şekil 10. Vazo mu, iki profil mi?

Daha sonraki bölümlerde göreceğimiz gibi, beyin değişik türdeki görsel verileri bir dereceye kadar ayrı koşut akışlarda işler. Bundan dolayı şekil, hareket, renk vb’ni nasıl gördüğümüzü, bu süreçler birbirleriyle bir miktar etkileşiyor olsalar da, ayrı ayrı incelemek akla uygun geliyor.

İşe şekilden başlayalım. Beynin bir şeyin anahatlarım çıkarmasının yararlı olduğu açık. Çizimlere kolayca tepki gösterebilmemizin nedeni de bu. Hiçbir gölgeleme, doku, ya da renk olmasa da bir manzaranın çizimini yorumlayabilirsiniz (Şekil 11). Beyindeki bazı öğelerin ince ayrıntılara, bazılarının daha kaba ayrıntılara, yine bazılarının da iyice kaba uzaysal değişimlere tepki gösterdiği bulunmuştur. Yalnızca kaba değişimleri görüyor olsanız, dünya normalde gördüğünüzün iyi odaklanmamış biçimi, gibi bulamk gelecekti. Ruhbilimciler “uzaysal frekans”tan söz ederler; yüksek uzaysal frekans ince ayrıntılara karşılıktır. Alçak uzaysal frekans ise

görüntüde daha yavaş uzaysal değişimlere karşılık gelir.



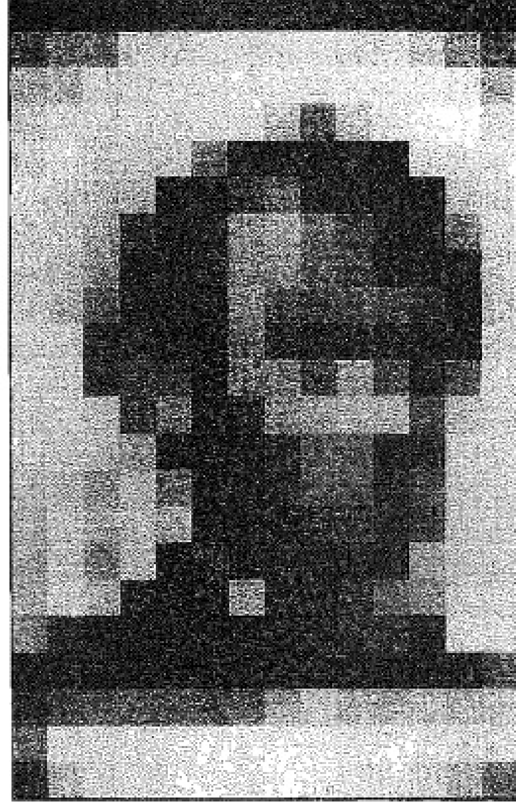
Şekil 11. Yalnızca çizgiler

Şekil 12’ye bakınız. Her biri grinin bir tonunda küçük kareler göreceksiniz. Şimdi resmi bulanıklaştırın (gözlüğünüzü çıkararak, gözünüzü kırpıştırarak, ya da kitabı uzakta tutarak). Abraham Lincoln’m yüzünü tanıyacaksınız sanırım. Şekildeki ayrıntılar karelerin kenarlan algılama işlemini kanştırıyordu. Bulanık görmede bu kenarlar kaybolur. O zaman görüntünün alçak uzaysal frekanslannı kullanarak, ,ne kadar belirsiz de olsa yüzü tanıyabiliyorsunuz. Elbette normal bir görüntüyü yorumlarken hem alçak hem de yüksek frekanslar kullanılır.

Beynin karşılaştığı en zor sorunlardan biri 2B (ikiboyutlu) bir görüntüden derinlik bilgisini çıkarmaktır.Bu bilgi yalnızca bir şeyin gözlemciden uzaklığını belirlemede değil, aym zamanda nesneyi 3B (üçboyutlu) olarak görmek için de gerekmektedir. İki gözümüz olması bu işe yarıyor, ama nesnelerin biçimleri yalnızca tek gözle, ya da o nesnenin bir fotoğrafına bakarak da çoğu zaman görülebiliyor. Beyin 2B bir resimde derinlik görmek için hangi ipuçlarım kullanır? Bunlardan biri, nesne üzerine düşen ışığın, açısına bağlı olarak oluşturduğu gölgeleme etkisidir. Şekil 13[5]e bakınız. Burada düz bir yüzeyin üzerinde bir sıra halinde dört çukur ile ikinci bir sıra tümsek göreceksiniz. Bu derinlik izlenimi düşen ışığın gölgelemesinden ötürüdür.

Bu arada, bu yorumun belirsizliğini belirteyim. Bir süre bakmayı sürdürün ya da sayfayı başaşaği çevirin. Şimdi çukurlan tümsek, tümsekleri de çukur olarak göreceksiniz (Sıraların hep birlikte değiştiğini farkındasmızdır). Beyniniz önce ışığın bir taraftan geldiğini varsayar. Işık öbür taraftan geliyorsa, aynı gölgeleme, gördüğünüz gibi, başka bir şekle karşılık gelir.

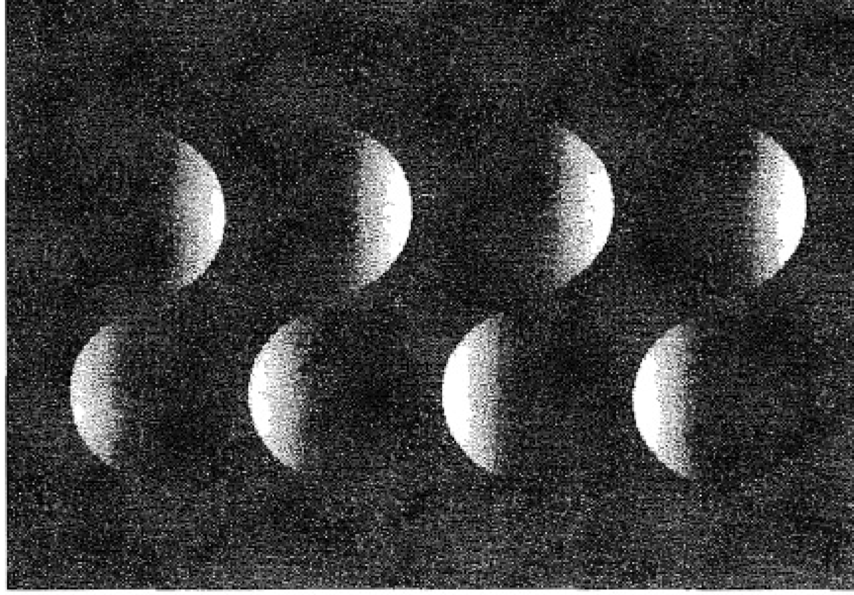
Bir başka kuvvetli ipucu da “hareketle beliren yapı”dır. Yani durağan bir nesnenin şeklini görmek zor ise (çoğunlukla 3B şekline ilişkin ipuçlarının bazısı bulunmadığından), nesneyi biraz döndürürsek kolayca görebiliriz. Örneğin top ve çubuklardan yapılmış karmaşık bir molekül modelinin resmi derste perdeye yansıtıldığında kavranması güçtüf. Oysa modelin döndürülerek gösterildiği filmi izleyince 3B şekli hemen kafada canlandırılabilir. Bunu DNA molekülünün modelinin uzay yolu müziği eşliğinde döndürüldüğü “Çifte Sarmal” adlı TV programının son sahnelerinde izlemiş olabilirsiniz.



Şekil 12. Bu şekle uzaktan bakın.

Üçboyutlu görebilmek için tek tek her nesneyi 3B olarak görmek yetmez. Sahnenin tamamım 3B görmeniz gerekir ki hangi nesnenin size yakın, hangisinin uzak olduğunu bilebilesiniz. 2B resimlerde bile buna ilişkin iki kuvvetli ipucu bulunur.

Bunların ilki perspektiftir. Mucidi Adelbert Ames'in ardından Ames odası denilen çarpık odada bunu çarpıcı bir biçimde görebilirsiniz. Bu odaya dışarıdan küçük bir delikten tek gözle (stereo görmenin ipuçlarını yoketmek için) bakılır.



Şekil 13. Girintiler mi çıkıntılar mı? Bir daha bakın

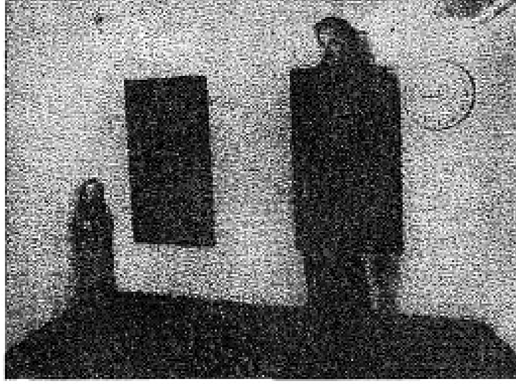
Oda dikdörtgenmiş gibi görünür, ama aslında bir yan dnvan öteldne göre çok uzun ve uzak köşesi yüksektir (Şekil 14'e bakınız). San Fransisko'da Keşifler Evi'ndeki böyle bir odayı, ipinde çocuklar koşuştururken izlemiştim. Bir tarafta uzun görünüyorlardı (çünkü gerçekte bana oldukça yakındılar), öte tarafta ise aynı çocuk kısalmış gibiydi (uzaklaşmış olduğundan). Bir yandan öbürüne koşuşturduklarında (aslında uzak köşeyle yakın köşe arasında) boyları çarpıcı bir biçimde değişiyordu. Çocukların boylarında öylesine değişiklikler olamayacağını pekâlâ bilmeme karşın yanılsama o denli zorlayıcıydı ki hemen silkip atamadım. Çocukların gözüken boylan odanın duvarlarının (yanlış) perspektifiyle belirleniyordu. Bu yanılsama, diğer birçokları gibi, "yukarıdan aşağı" etkiyle beynin üst düzeyde yanılsamanın kaynağına ilişkin bildikleriyle kolayca düzeltilemeyecek gibiydi.

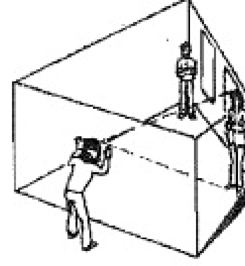
Öteki kuvvetli ipucu ise "örtme," yani yakındaki bir nesnenin uzaktakini kısmen gizlemesi. Bunu daha önce pencere çerçevesinin çıtaları arkasındaki kızın yüzünde gördük (Şekil 5). Bu ipucunu kullanabilmek için beyin örtük nesnenin parçalarının birarada olduğunu çıkarsaması gerek, daha önce belirlediğimiz gibi.

Çizgiler örtmeyle ilgili iki şaşırtıcı sonuca yol açabilirler, ilkini Şekil 2'deki Kanizsa üçgeninde gördük. Beyaz üçgenin (aldatıcı) sınırları

pekmen'lerin ağızlarının sürdürülmesiyle belirleniyordu. Bir öteki türü de Şekil 15'te gösteriliyor.

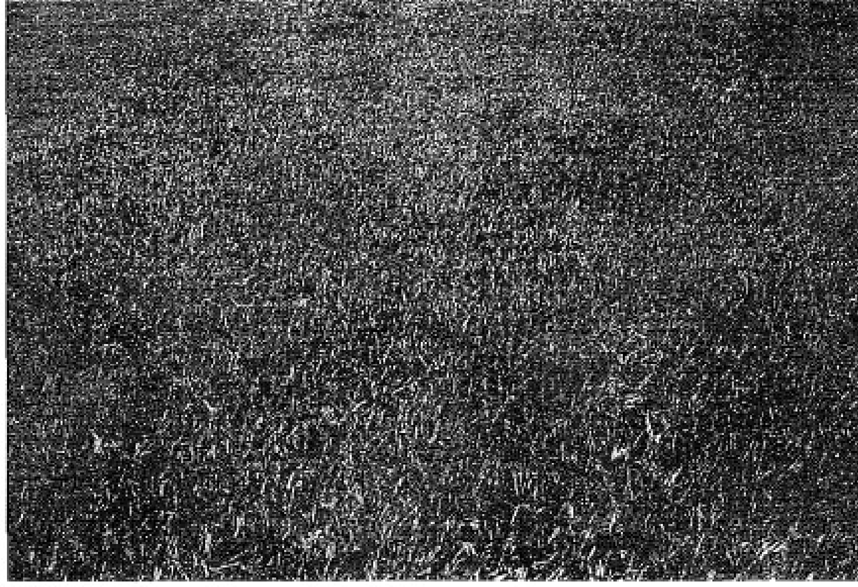
Burada aldatıcı sınır, bir sıra çizginin sonlarıyla ("çizgi uçları" denir) belirlenmiş. Görüş alanında "çizgi"ler çeşitli nedenlerle oluşabilir bir nesnenin, örneğin bir gömleğin üzerindeki desen, ya da zebranın şeritleri, ya da bir gölge vb. Zemini örten bir nesne çoğu kez zemindeki çizgileri kesintiye uğratır. Böyle durumlarda çizgi uçlarının oluşturduğu aldatıcı sınırlar nesnenin sınırım çizer, Şekil 15'teki yapay durumdaki gibi. Psikolog V.S. Ramaehandranhn dediği gibi, "Nedense aldatıcı sınırlar bize gerçek sınırlardan daha gerçekmiş (yani bizim için daha önemliymiş) gibi gelir."





Şekil 14. Solda Ames odasının dikiz deliğinden görünüşü, sağda ise odanın ve gözlemcinin şematik görünüşü.

Uzaklığı belirten bir başka ipucu da dokudaki değişimdir.Şekil 16'ya bakınız. Gördüğünüz çimen hemen sizden uzaklaşıyor izlenimi veriyor. Bunun nedeni kâğıt üstünde çimin uzunluğunun resmin altından yukarıya doğru sistematik bir biçimde küçülmesi. Beyniniz bunu üzerinde uzun çimlerin aşağıda, kısa çimlerin yukarıda bittiği düz düşey bir duvar olarak değil de sizden öteye uzanan düzgün bir çimen olarak görür.


Şekil 16. Sizden uzaklaşıyor gibi mi görüyorsunuz?

Derinliği belirleyen başka ipuçları da var. Bunlardan biri gözüken boyuttur tamdık bir nesnenin ağtabakadaki görüntüsü nesne uzaklaştıkça ufalır. O halde görüntü ufak boyutta gözüküyorsa, bu beyne nesnenin uzakta olduğunu sanısını verir. Bir başka ipucu da renktir: manzara uzaklaştıkça mavileşir. Bu ipuçlarının hepsi, özellikle Rönesans'ta perspektifin bulunuşuyla, sanatçılar tarafından kullanılagelmiştir. Buna en iyi örnek Canaletto'nun Venedik manzaralarıdır.

Şimdi derinlik bilgisinin ana kaynağına, "stereopsis" denilen ve bir gözümüzün dünyaya diğerinden biraz farklı baktığı gerçeğine dayanan derinlik görme olayına, dönelim.* On dokuzuncu yüzyılın ortasında, böylesi iki farklı görüntünün uygun bir biçimde gösterildiğinde canlı bir derinlik izlenimi verebileceğini açıkça gösteren fizikçi Sör Charles Wheatstone olmuştur (Wheatstone, Londra'daki Kraliyet Enstitüsü'nde bir Cuma akşamı konuşması için beklerken sinirlerinin bozulup kürsüye çıkmadan kaçıp gitmesiyle tanmır. O zaman bu zaman konuşma öncesi on beş dakika kadar beklemek durumunda olan konuşmacılar küçük bir odada kilitlenmektedirler). Wheatstone bir stereo göstericisi icat etti. Viktorya döneminin sonlarında çok popüler olan bu gösterici çok basitti: Her bir göz, az farklı açıdan çekilmiş bir fotoğrafa bakıyordu. Beyin, açıdaki bu farkın oluşturduğu iki değişik görüntünün benzeşmezliklerini ayırt ederek, sonuçta

fotoğraftaki sahneyi sanki gözünüzün önündeymiş gibi canlı bir derinlikte görüyordu. * İnsanların çok az bir bölümü stereo görme özürlüdür.

Stereopsis yeteneğinizi yakınınızdaki nesnelere bakarken bir gözünüzü kapatarak deneyebilirsiniz. Derinlik izleniminiz zayıflayacaktır (Elbette tek bir gözle bile yukarıda söz ettiğimiz ipuçlarından dolayı oldukça iyi bir derinlik izleniminiz kalacaktır). Bir başka belirgin örnek de bir binanın, bir kentin ya da manzaranın gerçekçi bir resmi ya da fotoğrafıdır. Bu durumda beyin iki gözü kullanarak resmin aslında bir düzlemde olduğunu çıkarsar. Oysa resme tek gözle bakıp bir yandan da çerçeveyi elinizle gizler ve resmin yüzeyinden yansıma olmayacak bir açıdan bakarsanız, derinlik izlenimi daha bir canlılık kazanacaktır. Bu yaptıklarınız resmin düzlemde olduğuna ilişkin ipuçlarının bazılarını yo-kederek sanatçının derinlik duygusu vermek için resme koyduğu ipuçlarının kuvvetlenmesini sağlar.

Stereopsıs en iyi yakınınızdaki nesneler için geçerlidir çünkü iki görüşünüzün benzeşmezlikleri bu durumda en fazladır. Söylemeye gerek yok, her iki gözünüzün aym nesneyi görebilmesi için nesne az çok önünüzde, burnunuzun öteki gözünüzün görüşünü engellemeyeceği bir açıda olmalıdır. Kedi ve köpek gibi avlarının üzerine atlamak zorunda olan avcı hayvanların ikisi de öne bakan gözleri vardır. Avlarıyla boğuşurken stereopsisi kullanabilirler. Tavşan gibi öbür hayvanlarda ise gözlerin kafanın iki tarafına doğru olması daha yararlıdır, böylece daha geniş bir görüş alanmda tarayabilirler avcıları. Ama görüş alanları daha az üst üste bindiğinden stereopsis yetenekleri bizimkinden azdır.[16]

Peki ya hareket? Görme sistemi, hepimizin bildiği gibi hareket ile çok yakından ilgilidir. Bir film izlerken, perdede birbiri ardına gösterilen durağan fotoğraflardaki nesneler size çok canlı bir biçimde hareket ediyorlarmış izlenimini verir. Bu olaya “gözüken hareket” denir. Böylesi oldukça yapay koşullar altında görme yanılabilir. Bazen filmde, at arabasının tekerleri tersine dönüyormuş gibi görünür. Bunun nasıl olduğu kolayca açıklanabilir. Kabaca şöyle: Beyin görüntülerden birindeki tekerlek çubuğu ile bir sonraki görüntüde ona en yakın olanı arasında bir ilişki kurar. Tekerlek döndüğünden bunlar aynı değil de komşu çubuklar olabilir. Tekerleğin çubukları birbirlerinin benzeri olduklarından beyin art arda iki resimde başka çubukları

ilişkilendirebilir. İlişkilendirilen çubukların konumu her iki fotoğrafta aynı ise tekerlek dönmüyor gibi gelir. Dönme hızı biraz azalınca, tekerlek tersine dönüyormuş gibi olur. Çoğu kez, özellikle eski kovboy filmlerinde, araba yavaşlarken tekerlekler yanlış bir biçimde sanki ters yönde dönüyormuş gibi görünür. Ruhbilimciler iyi hareket görüntüsü için tam olarak ne koşullar gerektiğini belirleme yolunda pek çok deneyler yapmışlardır.

Bir başka hareket etkisi de berber' direği yanılsaması denilen olaydır. Hani şu üzerinde sarmal şeritler boyanmış döner sopalar. Ekseni etrafında döndürüldüğünde, şeritler dönmekten çok, sopanın üzerinde bir yöne doğru, genellikle yukarı doğru çıkıyormuş gibi görünür (Bu on birinci bölümde enine boyuna açıklanacak). Demek ki hareketi algılayışımız her zaman tamamıyla doğru olmayabiliyor. Bu berber direği olayında, beyin şeritlerin her bir parçasının tek tek hareketini göreceği yerde, yanlışlıkla tüm şeklin bir bütün olarak yaptığı hareketi gördüğünü zannediyor.

Beynin hareketi algılayışında başlıca iki süreç vardır; bunlara (biraz hatalı olarak) “kısa erişimli sistem” ve “uzun erişimli sistem” denir. Bunlardan ilkinin İkincisinden daha Önceki bir işlem aşamasında yer aldığı sanılmaktadır. Kısa erişimli sistem nesnelerin farkına varmaz, yalnızca ağtabakada duyulup beyne iletilen ışık dağılımı değişikliklerini ayırt eder. Neyin hareket ettiğini bilmeden, hareketi bir “ham veri” olarak elde eder. Bir başka deyişle, hareketin bu basit niteliğine temel bir duyu olarak bakabiliriz. Bu sistem otomatiktir, yani dikkatten bağımsızdır.

Kısa erişimli sistemin hareket verilerini kullanarak şekli zeminden ayırabildiği* ve hareketin “çağlayan etkisi” denilen art etkiye neden olduğu sanılmaktaydı (Bir çağlayana uzun bir süre baktıktan sonra, bakışınızı hemen yakındaki kayalara yöneltirseniz, kayaları bir an için yukarı doğru hareket ediyormuş gibi görürsünüz). Ancak şimdilerde bundan şüphe edilmektedir; hareket art etkisinin dikkate bağlı olduğu yakınlarda kanıtlandı.[3]

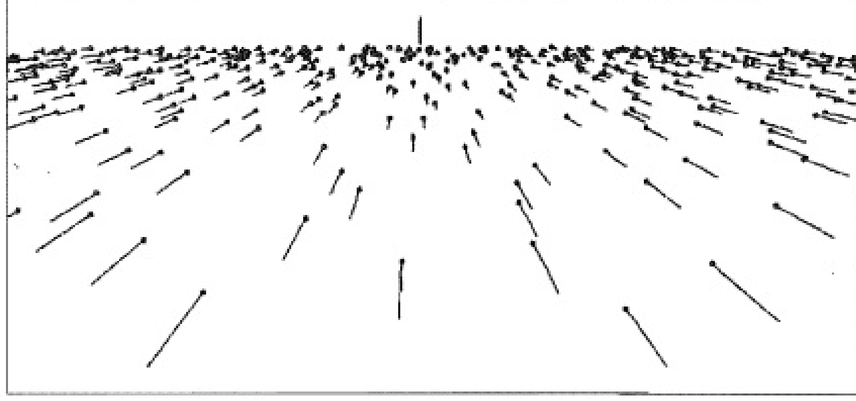
*ŞekIin zeminden boylece ayırt edilmesi zor bir kuramsal sorun çıkarıyor, çünkü beyin daha şeklin ne olduğunu bilmeden onu zeminden ayırt etmiş oluyor.

Uzun erişimli sistemin nesnelerin hareketini kaydettiği düşünülüyor. Hareketi öylece olduğu gibi kaydetmek yerine neyin bir yerden bir yere hareket ettiğini kaydediyor. Bu dikkate bağlı bir şey.

İyice basitleştirilmiş bir örnek olarak, bir perdede kırmızı bir kare bir an için gösterilsin, belli bir süre sonra da bir az uzağında mavi bir üçgen, yine bir an gösterilsin. Buradaki zaman ve uzaklık değişkenleri, uzun erişimli sistem baskın çıkacak biçimde seçildiğinde gözlemci kırmızı karenin bulunduğu yerden hareket edip vardığı yerde mavi bir üçgene dönüştüğünü görür. Öte yandan, değişkenler kısa erişimli mekanizmayı etkileyecek biçimde, yani süre ve uzaklık yeterince küçük seçildiğinde, gözlemci bir hareket olduğunu görür ama hareket eden nesneyi göremeyebilir. Neyin hareket ettiğini bilemeden hareketi hisseder. Normal koşullarda her iki sistem de bir ölçüde işlemektedir. Ancak dikkatle tasarlanmış uyanlar yalnızca birini etkileyebilir.

Beyin değişen görsel çevreye ilişkin daha fazla bilgi sağlamak için hareket ipuçlannı kullamr. Bazı durumlarda yapıyı hareketten nasıl çıkardığını anlatmıştım, ama hareketi başka türlü de kullanabilir. Gözünüze yaklaşan bir nesnenin ağtabakadaki görüntüsü gittikçe büyür. Perdedeki bir şekil de aniden büyürse, size doğru hızla geliyor izlenimi verir (perde aym uzaklıkta kaldığı halde). Bu tür görsel imgeye “açılma” denir. Öylesine canlı bir etki yaratır ki bu, beyinde görüntünün açılmasına tepki gösteren özel bir bölge olduğu sanılmaktadır ve gerçekten de böyle bir bölge bulunmuştur (on birinci başlığa bakınız).

Görsel hareket sisteminin bir başka yararı, dünyadaki hareketinize yol göstermesidir. İleriye doğru bakarak yürüdüğünüzde, gördüğünüz manzara başınızın yanlarından, üstünden ve altından akıp gitmektedir. Ağtabakada görüntülerin böylesi hareketine “görsel akış” denir ve bu pilota uçağı indirirken büyük ölçüde yardımcı olur. Tek gözlü (stereopsis yeteneği olmayan) bir pilot bile görsel akıştan gelen verinin yol göstericiliğinde uçağı gayet güzel yere indirebilir. Görünürde akışm olmadığı tek yer ona doğru gittiği noktadır. Bu noktada civarındaki diğer bütün nesneler o noktadan değişik hızlarda uzaklaşıyor gibi görünür (Şekil 17’ye bakınız). Bu görsel veri, pilotun uçağı iniş şeridindeki doğru noktaya yöneltmesine yardım eder.



Şekil 17. Uçağı tek gözle indirmek. Gözlemci ufukta düşey çizginin bulunduğu noktaya doğru gitmelidir. Görme alanında dağınık duran bir sürü kara benek var. Bunlardan çıkan çizgiler gözlemcinin ileriye doğru hareketi nedeniyle her beneğin hareket ediyormuş gibi göründüğü yönü gösteriyor. Çizgilerin boyu beneğin hızı ile doğru orantılı.

Renk algısı da ilk bakışta göründüğü kadar basit değildir. En temelde gözdeki ışık duyargalarının çeşitli olmasıyla ilgilidir. Bunların her bir çeşidi sınırlı bir dalga boyundaki fotonlara (ışık parçacıkları) tepki gösterir. Tek bir ışık duyargasının tepki veriş biçiminin gelen fotonun dalga boyuna bağlı olmadığım bilmek önemlidir. Duyarga fotonu ya yakalar ya da yakalamaz. Yakalarsa, fotonun dalga boyu ne olursa olsun etki aynıdır. Ama buna tepki göstermesi olasılığı fotonun dalga boyuna bağlıdır. Bazı dalga boylarının o duyargayı uyarma olasılığı fazla, başka dalga boylarmının azdır. Örneğin, "kırmızı" fotonlara çok sık "yeşil" fotonlara ise çok seyrek tepki gösterebilir.

Gelmekte olan foton akımına gösterilen tepkinin sıklığı pek fazla değilse, bu durum ya uygun dalga boyunda az sayıda fotondan, ya da daha az uygun dalga boyundaki çok sayıda fotondan kaynaklanabilir; duyarga bunu ayırt edemez, İlk okuyuşta bu oldukça karmaşık gelebilir ama aklınızda kalması gereken şu: gözün ışık duyargaları çeşitlilik göstermeseydi, beyniniz gelen ışığın dalga boyuna ilişkin bir şey bilemeyecek ve ancak siyahbeyaz görecektiniz. "Koni" denilen ışık duyargalarının duyarsız kaldığı, yalnızca "çubuk" denilen duyargaların etkin olduğu çok zayıf ışıkta durum böyledir. Çubuklar tek bir çeşittir ve dolayısıyla farklı dalga boylarına aynı biçimde tepki gösterirler. İşte gece karankğında bahçedeki çiçekleri renksiz görmenizin nedeni bu.

Renk bilgisini elde etmek için, her biri değişik bir dalga uzunluğutepki eğrisine sahip olmak üzere, birden fazla türden ışık duyargalarına gerek var. Tepki ile dalga boyunun ilişkisini gösteren bu eğriler, birbiri üstüne binebilir,

ama tek bir dalga boyunda gelen foton akımı değişik ışık duyargalarını ortalama olarak farklı şidette uyaracağından, beyin onlar arasındaki uyarma oranlarını kullanarak ağtabakanm o noktasına gelen ışığın “rengi”nin ne olduğuna karar verebilir.

İnsanların çoğunun gözünde üç çeşit koni olduğu bilinmektedir. Bunlar kabaca kısa, orta ve uzun dalga boylu; ya da biraz hatalı olarak mavi, yeşil ve kırmızı olarak adlandırılırlar. Erkeklerin küçük bir yüzdesinin “kırmızı” konileri yoktur ve dolayısıyla kısmen renk körüdürler.* Renk körleri kırmızı ve yeşil trafik ışıklarını ayırt etmede zorluk çekerler.

*   *   *

Rengi nasıl gördüğümüzün bu temel açıklamasını bir çok yönden geliştirmek gerekiyor. Burada yalnızca bir tanesinden, Polaroid’i bulan Edwin Land enine boyuna incelediği için Land etkisi denilen olaydan söz edeceğim. Land, görüş alanındaki bir bölgenin renginin yalnızca o bölgeden göze gelen ışığın dalga boyuna değil, aynı zamanda görme alanının başka yerlerinden gelen dalga boylarına da bağlı olduğunu çarpıcı bir biçimde gösterdi.

*Doğrusunu söylemek gerekirse hepimiz renk körüyüz. Yani hiç göremediğimiz morötesi vb. dalga boylan dışında, bir ölçü aygıtıyla ölçüldüğünde farklı olan ama gözümüze aynıymış gibi gelen dalga boyu dağılımları bulunabiliyor. Çünkü bu değişik dağılımlar üç çeşit koniyi aynı oranlarda nyarmaktalar. Bazı koşullar yerine getirildiğinde, dalga boylarının herhangi bir dağılımına, yalmzca üç dalga boyunun uygun biçimde bir araya getirilmesinin eşdeğer olacağı on dokuzuncu yüzyılda keşfedilmiş bir gerçektir. Matematik deyimiyle, renk üçboyutludur.

Peki niye böyle oluyor? Göze gelen, bakılan yüzeyin yalnızca yansıtma özelliğine (rengine) değil, o yüzeye düşen ışığın dalga boylarına da bağlıdır. Bu nedenle, bir kadının üzerindeki elbisenin rengi gün ışığında, mum ışığındakinden çok farklı görünmeliydi. Ama beyin yansıtma ve aydınlatmanın birlikte etkisiyle değil, nesnelerin yüzeylerinin renk özelliğiyle ilgilidir. Bu bilgiyi gözün görme alanındaki bölgelere tepkisini karşılaştırarak elde etmeye çalışır. Bunu da belli bir anda, aydınlatmanın

renginin görme alanındaki her noktada aynı olduğu varsayımından yola çıkarak yapar. Elbette başka bir anda değişebilir. Pembe renkli bir aydmlatma her şeyi biraz pembe yapar, beyin de bunun etkisini yok etmeye çalışır. .Böyleee gün ışığında kırmızı görünen bir kumaş, yapay ışıkta da oldukça kırmızıdır; ancak tam aynı renkte değildir, çünkü bu dengeleme mekanizması mükemmel değildir.

Birtakım başka görsel değişmezlikleri yalnızca söyleyerek geçeceğim. Bir nesneye doğrudan bakmadığımızda, yani görüntüsü ağtabakanm başka yerine düşse de kabaca aynı görünür. Nesne başka bir uzaklıkta da olsa, yani ağtabakadaki görüntüsü daha büyük ya da daha küçük olsa da, biraz döndürülmüş olsa da aynı nesne olarak tanırız. Bu farklı değişmezlikler bize ne doğal geliyor, oysa basit bir görme makinesinin bu beceriyi gösterebilmesi için, gelişmiş bir beyinde olduğu gibi bunları yapabilen düzenekleri olmalıdır. Beynin bunları tam olarak nasıl yaptığı konusunda hâlâ bazı belirsizlikler var.

Hareket ve renk arasında garip bir ilişki var. Beyindeki kısa erişimli hareket sistemi biraz renk körü olduğundan az çok siyahbeyaz görüyor. Bunu kolayca gösterebiliriz; Bir perdeye iki renkten, diyelim kırmızı ve yeşilden oluşmuş hareketli bir görüntü düşürelim. Parlaklıklarım, gözlemciye aynı gelecek ölçüde ayarlayalım. Bu ayarlamanın her bir kişi için ayrı ayrı yapılması gerekir; çünkü benim denge noktam sizinkinin tam aynısı olmayabilir. Böylesî bir denge koşuluna “eşparlaklık” denir.*

Şimdi yeşil bir zeminde oynayan kırmızı nesnelere baktığınızda, hareket olduğundan daha yavaş görünecektir, hatta tamamen duruyormuş gibi olabilir (Özellikle, gözünüzü hareketli nesnelere değil de perdenin bir kenarına diktiğinizde). Bunun nedeni, beyninizdeki siyahbeyaz sistemin perdeyi (iki renk aynı parlaklıkta ayarlandığı için) düz gri olarak görmesi ve kısa erişimli hareket sisteminin az bir hareket kaydetmesi, hatta hiçbir hareket kaydetmemesidir.

Bu örneklerin hepsi de beynin, görsel sahnenin birbirinden farklı birçok yanından yararlı bilgi edinebildiğim gösteriyor. Peki sağlanan bilgi eksikse ne yapar? Kör nokta buna pek iyi bir örnektir. Üçüncü bölümde anlatıldığı gibi, her iki gözünüzdeki kör noktayı da beyin “doldurur” ve böylece gözünüzün biri kapalı da olsa görsel sahnenin o noktasında bir delik

görmezsiniz. Felsefeci Dan Denett böyle bir doldurma işlemi olduğuna inanmıyor. “Açıklarıan Bilinç” adlı kitabında, doğru olarak, “bilginin yokluğu, bir şeyin olmadığına ilişkin bilgi ile aynı şey değildir” diyor. Devamla, “Bir delik görebilmeniz için, beyninizde bir şey bir zıtlığa tepki göstermelidir: ya iç ve dış kenarlar arasındaki ki beyninizin elinde o noktada bunu yapabilecek bir araç yok ya da öncesi ve sonrası arasında.” O halde diyor, doldurma diye bir şey yoktur. Yalnızca orada bir delik bulunduğuna ilişkin bilginin yokluğu vardır.

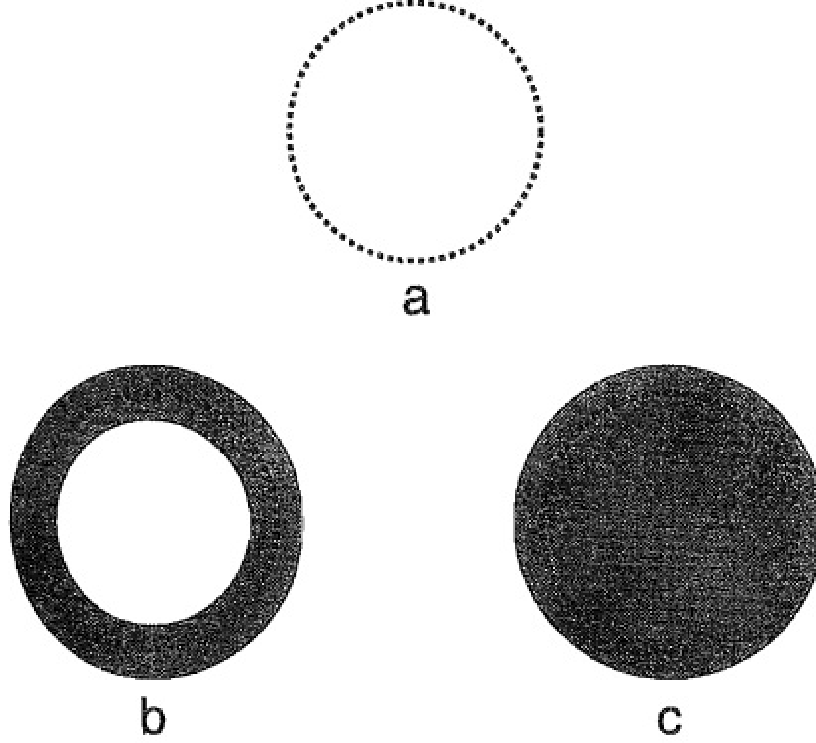
Bu sav maalesef hatalı, çünkü Dennett kör nokta bölgesinde bilginin *çıkarsanmadığını* kanıtlamış değil. Onun savı yalmzca beynin bu çıkarsamayı yapamayacağı. Ayrıca beynin elinde gereken araçların bulunmadığını kesinlikle söylemek de doğru değil. Beyin dikkatle incelendiğinde orada bu işi görebilecek sinir hücrelerinin bulunduğu gösterilebiliyor (on birinci Başlığa bakınız).

La Jolla’da Kaliforniya Üniversitesi San Diego kampusunda çalışmakta olan görsel ruhbilimci V.S. Ramachandran, Dennett’i çürütmek için şık bir deney tasarladı[4] (Herkes felsefecilerin yanlışını bulmaya bayılır). Deneğe (Şekil 18b’deki gibi) sarı bir halka gösterir. Denek gözlerini oynatmadan durur ve tek gözle bakar. Ramachandran sarı halkayı deneğin görme alanında öyle bir yere yerleştirir ki, halkanın dış kenarı deneğin kör noktasının dışında, iç kenarı ise içindedir (Şekil 18b’ye bakınız). Denek sarı bir halka değil tam düzgün bir sarı disk gördüğünü söyler (Şekil 18c). Beyni kör bölgeyi doldurmuş ve böylece halkayı düzgün bir diske dönüştürmüştür.

*Tek bir gözlemci için bile denge noktası bakış doğrultusundaki nesneler için farklı, görüş alanının kenarına yakın nesneler için farklı olabilir.

Bu sonucu daha da vurgulamak için Ramachandran deneğin görme alanına birkaç tane daha halka koyar. Kör noktayı çevreleyen halka ile başka yerlere konmuş halkalar gösterildiğinde, denek yalnızca kör noktasımn olduğu yerde tam bir disk görmekle kalmayıp, diskin daha belirgin olduğunu söylemektedir, yani dikkati hemen ona çevrilmiştir. Size rasgele yerleştirilmiş sarı halkalar ile tek bir disk gösterilse her iki gözünüz açıkken, tam aynı olay gerçekleşecektir. Belirgin bir biçimde farklı olan disk, sanki yerinden fırlamış gibi gelecektir size. Ramachandran’m dediği gibi bu, kör noktayı gerçekten de doldurduğunuzu önerir orada olanı yok saymazsımz.

Yok saydığınız bir şey nasıl olur da üzerinize atlıyormuş gibi görünebilir yoksa?(şekil 18.a)



Şekil 18. a: Kör noktanın sınırları nokta nokta belirtilmiş. b: Kör noktanın sınır çizgisi üzerine yerleştirilmiş gri bölge açık göze gösterilen (sarı) halkayı temsil ediyor. c: Bu da deneğin gördüğü –doldurma işlemi sonucu sarı bir halka değil de tam bir sarı disk. Deneğin, kör noktanın burada noktalı daire olarak gösterilen sınırını hiç göremeyeceğini de belirtelim.

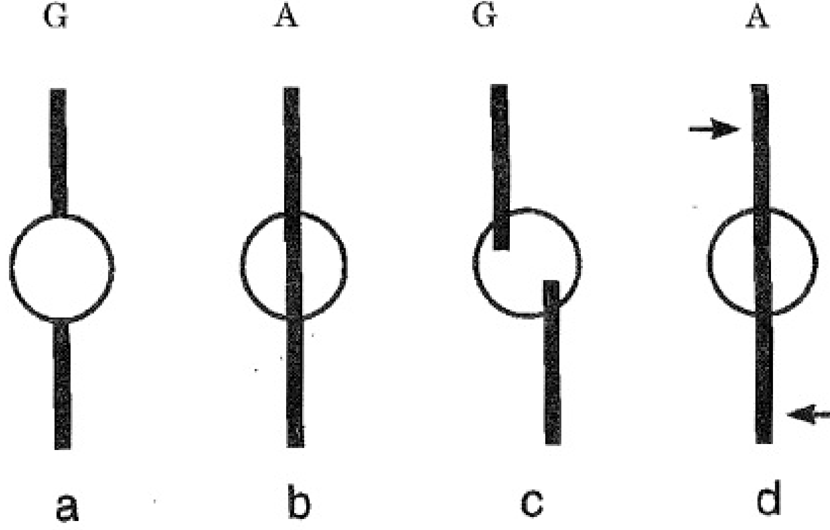
Kör noktada ne gördüğümüzü incelemek kolay değil, çünkü bakış merkezinden 15 derece ötede ve yukarıda belirttiğim gibi orada pek açık seçik göremiyoruz. Ramachandran ve İngiliz ruhbilimci Richard Gregory bakış merkezine daha yakın olabilen "yapay kör leke" dedikleri olay üzerinde deneyler yaptılar[5] (Dennett bu çalışmadan bir dipnotta söz ediyor ama bulgulardan hoşnut olmadığı belli). Daha çarpıcı olarak, Ramachandran ve arkadaşları, gözlerinin küçük bir bölgesi hasara uğramış hastalan değil de beyinlerinin görme bölgesinde böyle bir hasar bulunanları yakın zamanlarda incelediler.[8] Böyle bir hasta beyindeki bu hasara karşılık gelen görme alanındaki bölgede ne olduğunu gerçek anlamda göremez orada kör bir leke bulunmaktadır ama biç kuşkusuz, zaman içinde beyin bu bölgeyi çevresinde gördükleriyle uygun biçimde tahminde bulunup doldurmaktadır.

Bulgularının bazıları Şekil 19’de şematik olarak gösteriliyor. Bir TV ekranında iki düşey çizgi, biri kör noktanın yukarısına, öteki aşağısına, konuyor; birkaç saniye sonra hastalar aralığı kapanmış tek bir çizgi görüyorlar. Hastalardan biri ekran karardığında “ortadaki çizgi parçasının parlak beyaz bir hayaletini birkaç saniye daha gördüğünü” anlattı! Daha şaşırtıcısı, iki hastaya tam uç uca gelmeyen düşey çizgiler gösterildiğinde (Şekil 19c’ye bakınız) ilk önce bunları kaçık gördüler, ama sonra çizgiler birbirine doğru “kayarak” sonunda aynı eksen üzerine geldiler. Sonra da beyin boşluğu doldurup sürekli tek bir çizgi olarak görmelerini sağladı (Şekil 19d’ye bakınız). Çizgilerin bıı yatay hareketinin (gerçekte tamamıyla durağan olduklarım unutmayın) çok canlı olduğu nakledildi ve bu olay hastaların her ikisini de şaşkınlık ve merak içinde bıraktı. ,

Başka deneylerle görmenin her niteliğinin aym zamanda doldurulmadığı gösterildi. Şekil, hareket, doku ve renk farklı farklı zamanlarda doldurulabiliyorlardı. örneğin, görüş alanı bir sürü hareketli rasgele kırmızı benekle dolu ise, hastalardan biri için renk kör bölgeye hemen sızarken, hareketli noktalar onları 5 saniye geriden izliyordu.

Beyindeki kör bölgeyle gözdeki gerçek kör noktanın verdiği sonuçlardaki önemli farka dikkat edin. Kör noktada doldurma hemen hemen zaman geçmeden yapılıyor. Beyin hasarında ise bu işlem birkaç saniye sürüyor, çünkü belki de hasar, beyinde bu işi hızla yapabilecek yetiyi de yok etmiş.

Doldurma yâlnızca kör noktaya özel bir işlem değil. Şöyle ya da böyle, normal beyinde birçok aşamada yer aldığı olasılığı yüksek. Beyne eksik bilgiyle resmin tamamını tahmin etme olanağı tanıyor bu da çok yararlı bir beceri.



Şekil 19. Deneğe gösterilen şekiller G (görüntü) ile, deneğin sonuç olarak gördüğü ise A (algı) ile belirtilmiş. Daire, çizgesel olarak kör lekeyi –deneğin beyninde, kafasının bir tarafındaki birincil görme kabuğunda, etkisiz hale getirilmiş bölgenin karşılığı olarak görüş alandaki küçük bölgeyi– gösteriyor.

Görsel ruhbiliminin karmaşıklığına bir iki yerinden göz attık. Görmenin basit bir olay olmadığı açık. Gündelik deneyiminize dayanarak tahmin ettiğinizden çok farklı. Tümüyle nasıl çalıştığı tam olarak anlaşılmış değil. Birçok deney ve kavramı atlamak zorunda kaldım. Bir sonraki bölümde ufkumuzu genişletecek ve görmenin, görsel farkındalıkla çok yakından ilgili başka iki yanma dikkate ve çok kısa dönemli belleğe değinecek ve zor bir konuya, görme işleminin değişik aşamalarının gerektirdiği sürelere, gireceğiz.

1

Karım Odile küçükken bu ilmihali yaşlı bir Irlandalı teyzeden duyduğunda onun aksanından "varlık"ın İngilizcesi olan "being'i "fasulye" anlamına gelen "bean" olarak anlarmış. Ruhun bedeni olmayan canlı bir fasulye tanesi olması düşüncesi onu her ne kadar hayretler içinde bıraktıysa da bu derdini kimselere açmamış.

2

Pek de yeni olmayan bu düşünüşün oldukça açık bir anlatımım Horace Barlow'un tanınmış makalesinde bulabilirsiniz.

3

Bir karbon çekirdeğinin yükü +6, oksijen çekirdeğininki +8 dir. Bir oksijen atomu elektriksel olarak yüksüz olabilmek için 8 tane eksi yüklü elektronla bağlanmalıdır.

4

Bu kurala uymayan olayların en önemlisi radyoaktivitedir: yıldızlarda, atom bombasında, daha az gözalıcı biçimiyle radyoaktif minerallerin atomlarında ve laboratuvarlarda planlı deneylerde görülen atomun bir başka atoma dönüşmesi olayı. Radyoaktivite genetik malzeme DNA'da mutasyonlara yol açtığı için hepten göz ardı edilemez ama beynimizin davranışında temel bîr süreç olarak önemi olamaz.

5

Şimdi San Diego'da Kaliforniya Üniversitesinde çalışmakta olan Paul ve Patricia Churchland adlı Kanadalı felsefeciler indirgemeciliğe karşı savlan yeterince çürüttüler. Çahşmalanna referans için kaynakçaya bakınız.

6

Vücutta bulundukları orantıya göre kişinin sağlığım ve mizacını belirlediğine marnlan sıvılar. Öd ile öfke, kara safra ile hüzün arasında bir ilişki olduğu sanılıyordu.

7

Bu yararlı terim belleğe kazınmaya değer.

8

Ara sıra farkındalık ve bilinç terimlerini karıştırarak kullanıyor olsam da farkındalığı (görsel farkındalık gibi) bilincin belli bir unsura için kullanma eğilimindeyim. Bazı felsefeciler da bunları ayırıyorlar ama ayrımın nasıl yapılacağı konusunda ortak bir görüş yok. İtiraf etmeliyim ki konuşurken insanları şaşırtmak istediğimde bilinç, başka durumlarda ise farkındalık dediğimi yakaladım.

9

Jackendoff bunu kendi jargonuyla söylüyor: Benim "sonuç” dediğime o “bilgi yapısı” diyor,

10

Kalıtımbilim de kuşaldar ve bireyler arasındaki bilgi aktarımı ile ilgilenir, ama ancak DNÂ’nm yapısı bu bilginin nasıl temsil edildiğini açıkça gösterince gerçek bir atılım yapılabildi.

11

Bunu izleyen paragraflarda, Koch’la bu konuda 1990’da Seminars in the Neurosciences (Sinirbilimlerinde Seminerler) dergisinde yayınladığımız makaledeki düşüncelerden yoğun biçimde alıntı yapıyorum.

12

Bu size bir kandırmaca gibi geliyorsa, bana gen sözcüğünü tanımlayın bakalım. Bugün genlere ilişkin o kadar şey bilinmesine karşın basit bir tanım yetersiz kalır. O halde hakkında oldukça az bilinen bir biyoloji terimini tanımlamak çok daha zor olacaktır,

13

S imge sözcüğünün kullanılışı homunkulus’un gerçekten var olduğu sonucuna götürmemeli. Bu yalnızca bir nöronun (ya da nöronların) ateşlemesinin görsel dünyanın belli bir yanıyla sıkı bir bağı vardır demektir. Böyle bir simgenin vektör olarak (yalnızca skalar değil) düşünülmesi, burada ele almayacağım zorlu bir soru. Bir başka deyişle, tek bir simge ne kadar dağılmıştır?

14

Yakın zamanlarda Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesinde ruhbilimci Stephen Palmer iki yasa daha önerdi: ortak bölge ve bitişildik. Ortak bölge, ya da içindelik, aym olarak algılanan bölgede kümelendirme demektir.

Bitişiklik ise görme sisteminin tekdüze ve birleşik bir bölgeyi tek bir birim olarak algılama yönündeki güçlü eğilimine parmak basar.

15

Bu biraz da verinin içeriğini tahmin ederken temel alman “primitiflere bağhdır,

16

Beynin bu benzeşmezlikleri nasıl kullandığına ilişkin pek çok kuramsal sorun bulunmaktadır. Örneğin, bir gözdeki görüntünün belli bir özelliğinin ötekindeki hangi özelliğe karşılık olduğunu bilmelidir. Buna “karşılılık sorunu” denir. Önceleri beynin bu sorunu çözmek için önce nesneleri tamması gerektiği sanılıyordu. Macar ruhbilimci Bela Julesz’in Bell Laboratuvarlannda rastlantısal beneklerden oluşmuş stereogramlarla yaptığı çok zekice deneyler, iki görüntü arasındaki “karşılılığın” görme işleminin alt düzeylerinde, nesne tanınmadan önce, kurulabildiğini gösterdi.

V. Bölüm

Dikkat ve Bellek

“Dikkat etmiyorsun!” dedi Şapkacı. Biliyorsun, edilmeyen dikkat iş görmez.”

Lewis Carroll’dan

Herkes bilir “Dikkat etmiyorsun!” deyiminin sıradan anlamım. Buna yol açan şey dikkatinizin dağıimış olması, biraz başınızın dönüyor olması ya da başka bir neden olabilir. Rııhbilim “uyanıklık” ve “dikkat”! ayırt eder. Uyanıklık kişinin davranışlarının tümünü belirleyen genel bir durumdur, sabah uyandığınızda fark edebileceğiniz gibi. Ruhbilimcilere göre dikkat, William James’in dediği gibi, “bir şeyle daha etkin biçimde uğraşabilmek için öteki şeylerden çekilmek” anlamım taşır.

Bizim konumuz müzik dinlemek ya da başka bir eylem yapmak için gereken dikkatten çok görsel dikkatle ilgili. Dikkatin en azından bazı farkındalıklara yardımcı olduğunu anımsayın. Görsel dikkatin bir biçimi göz hareketleridir (çoğunlukla kafa hareketleriyle birlikte). Bakış merkezimizin yakınında daha iyi gördüğümüz için gözümüzü bir nesneye çevirdiğimizde o nesneye ilişkin daha fazla bilgi ediniriz. Doğrudan bakmadığımız nesnelere ilişkin (en azından şekillerine ilişkin) bilgimiz daha kabadır.

Göz hareketlerini yöneten nedir? Bu hareketler, bakış merkezimizin dışındaki bir noktaya yönelen ani refleksimsi hareketlerden istemli olan göz hareketlerine (şu adam orada ne yapıyor acaba? gibi) kadar uzanan bir çeşitlilik gösterir. Dikkatin bütün biçimlerinde refleks ve istemli bileşenlerin her ikisinin de bulunması beklenir.

İşitmede seçici dikkatin bir örneği deneğin, bir kulağına verilen sesler üzerinde yoğunlaşırken, öteki kulağına verilen benzer seslere aldırış etmemeye çalışmasıdır. Dikkatin toplanmadığı kulağa gelen seslerin çoğu bilince erişmez ama beyinde bir iz bırakabildiği ve bazen dikkat edilmeyen öteki kulakta duyulam etkileyebildiği de gösterilmiştir. Beyin onları da bir düzeyde kaydediyor demek ki

O halde dikkat, dikkat edilmeyen olayları elemektedir. Dikkat edilen bir olaya daha çabuk, daha duyarlı ve daha doğru bir tepki gösterilmektedir. Dikkat, bir olayın anımsanmasını da bir ölçüde kolaylaştırır. Eskiden, kafatasının içinde ne olup bittiği ruhbilimcilerin umurunda değildi; dikkati, genellikle tepkinin hızım, hata düzeyini, vb'ni nasıl etkilediğini ölçerek araştırdılar. Bir başka deyişle, bir olaya dikkat etmenin (etmemenin değil) neye yol açtığını araştırıp sonuçların ilişkilerinden dikkat düzeneklerinin ne olabileceğini bulmaya çalıştılar.

Gözlerinizi kıpırdatmadan durduğunuzda neleri yapamadığınıza şaşacaksınız. Bir perdede, gözünüzün oynamasına fırsat tanımayacak kadar kısa bir süre için rasgele ışıkh noktalar bebrsin. Kaç tane nokta olduğunu söyleyebilir misiniz? Yalnızca üç dört nokta olsa hatasız bilebilirsiniz, ama altı, yedi ve daha çok sayıda ise yanlış yapmaya başlayacaksınız. Bu yalnızca sürenin az oluşundan değildir. Işıklı noktalar aşın parlak yapıldığında, ağtabakanızda iz bırakır (Yani sonra gözünüzü oynattığınızda, noktalarm izleri ağtabakanızda sabit olduğu için gözünüzün hareketini

izleyecektir). Bu izleri daha birkaç saniye süreyle görebilirsiniz, ama yine de doğru sayamayacaksımz ne tuhaf bir duygu. Saymaya başladınız, ama hangilerini saydığınızı mı karıştırıyorsunuz.

Dikkatin göz hareketlerinden bağımsız bir biçimi var mıdır? Dikkat, belirgin bir göz hareketinden ("göz kıpırtısı" denir) ötekine salınıp durmakta mıdır? Oregon Üniversitesi'nden Amerikalı klinik ruhbilimcisi Michael Posner bu konuda pek çok deney yaptı.[1] Arkadaşlarıyla birlikte gerçekten de böyle bir görsel dikkat biçiminin olduğunu gösterdi. Tipik bir deneyde, denek gözlerini hiç oynatmadan bir noktaya diker. Belli bir yönden, diyelim sağdan, bir nesnenin geleceği haber verilir. Nesneyi gördüğü anda hiç zaman yitirmeden bir düğıneye basması istenir. Tepki süresi kaydedilir. Deneylerin bazısında, nesne beklenmedik bir yerde, örneğin sol tarafta belirdiğinde, deneğin tepkisi yavaşlamaktadır. Tepkideki bu gecikme görsel dikkatin beklenen taraftan beklenmedik tarafa kaymasına yorulmaktadır.

Posner dikkatteki bu değişimin üç ardışık süreçte gerçekleşiyor olabileceğini ileri sürüyor:

bırakma —» kaydırma —> tutma

Sistem ilkin görüş alanında dikkati topladığı yeri bırakmalıdır. Sonra "dikkat" yeni yere kaydırılmalı ve sonunda sistem dikkati o yerde tutmalıdır. Bir önemli soru da dikkatin aynı anda görüş alanının iki yerinde (ya da iki nesnenin üzerinde) toplanıp toplanamayacağı. Bulgulan değerlendirdiğimizde, bunun olamayacağını söyleyebiliriz, birden fazla hareketli noktayı izleyebiliyor olsak da. Ama dikkatin belli bir yere odaklanabildiği kadar, daha yaygın da tutulabildiği yolunda yeterli bulgular vardır. Örneğin, bir kitap okurken dikkatiniz tek tek harflere değil, daha çok cümlelere yöneliktir. Oysa her harfe ve ünlem işaretlerine bakması gereken bir düzeltmen için durum başkadır; yoksa küçük yanlışları gözden kaçırabilir. Şahsen düzeltmenlik bana çok zor geliyor. Normal olarak o denli hızlı okuyorum ki dikkatimi yoğunlaştırmak için özel bir çaba göstermezsem yazım yanlışlıklarını fark edemiyorum.

Dikkatin görmemizi değiştirdiği açık. Kuramcılar bunu açıklamaya neresinden başlıyorlar? Hemen dobra dobra söyleyeyim, şu anda herkesin üzerinde anlaştığı bir görsel dikkat kuramı yok. Yapabileceğimin en iyisi,

tartışılmakta olan bazı düşünceleri aktarıp, belli başlı anlaşmazlık noktalarından söz etmek olacak.

Dikkatin geniş anlamda bir darboğaz olarak çalıştığında genellikle birleşiliyor. Bundaki temel düşünce, ilk işlem süreçlerinin büyük ölçüde koşut olduğu bir sürü değişik etkinliğin aynı anda sürdüğü. Sonraki aşamalardan biri, ya da daha çoğunda, verileri işlemede bir darboğaz var gibi. Bir anda ancak bir (ya da birkaç) “nesne(ler)” ile uğraşılabiliyor. Bu, dikkat edilmeyen nesnelerden gelen verileri geçici olarak eleyerek yapılıyor. Sonra, dikkat sistemi çabucak bir sonraki nesneye, ardından ötekine geçiyor; yani dikkat koşut değil (sistem birçok şeye aynı anda dikkat etmiyor) de büyük ölçüde ardışık (yani dikkat bir nesneden ötekine geçiyor).* Bu Önemli ayran (koşut ve ardışık işlemler) üzerinde bu kitabın ileri bölümlerinde daha geniş duracağım.

Bilinen bir benzetmeye göre görsel dikkat bir “projektör” gibidir. Projektörün aydınlattığı yerdeki veriler özel olarak işlenir. Bu, dikkat edilen nesneyi ya da olayı daha çabuk, daha ayrıntılı görmemizi ve daha kolay anımsamamızı sağlar. Projektörün aydınlatmadığı yerdeki görsel bilgiler daha az, ya, da daha değişik işlenir, belki de biç işlenmez. Beynin görme sistemi bu varsayılan projektörü hızla görüş alanın bir yerinden ötekine çevirmektedir, daha yavaş bir zaman Ölçeğinde gözlerin kıpırdadığı gibi.

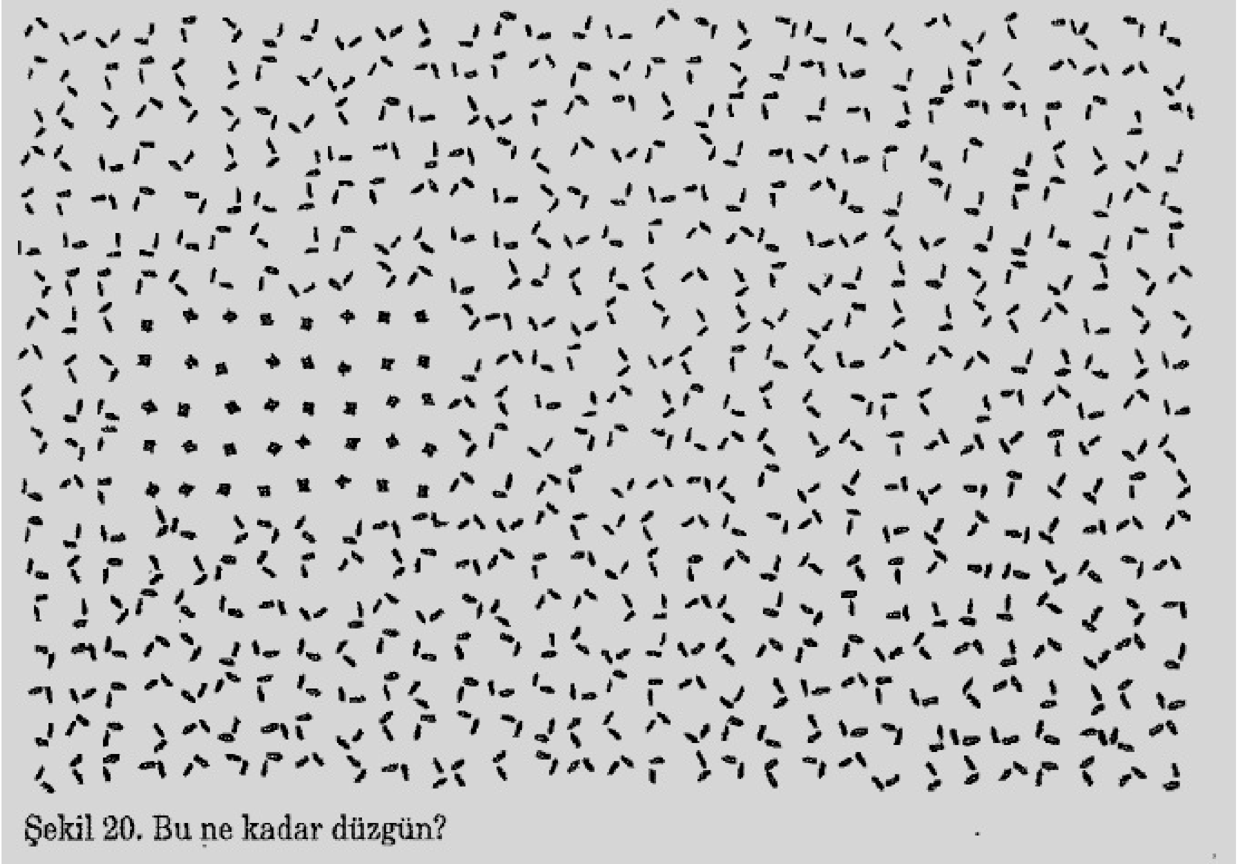
Projektör benzetmesi, en basit anlamında, görme sisteminin, görüş alanındaki tek bir yere dikkat ettiğini önerir. Pek çok dolaylı bulgu da bunu doğrulamaktadır. Bir başka açıklama da dikkatin belli bir yerde değil, belli bir nesne üzerinde toplandığıdır. Nesne hareket ederse (gözler kıpırdamadan), bazı durumlarda dikkatin bir yerde kalmayıp nesneyi izlediği gösterilebilmektedir.[4] Şimdilik dikkatin her iki biçiminin de görsel bir nesneye ya da yere bir ölçüde var olabileceğini söyleyebiliriz.

Ruhbilimciler “dikkat öncesi” ile “dikkat ile” olan işlemleri çoğunlukla farklı değerlendirmişlerdir. ABD’de uzun yıllar çalışmış Macar ruhbilimcisi Bella Julesz, dikkat öncesi işlemlerle ilgili bazı çarpıcı örnekler vermiştir.[5] Şekil 20’ye bakınız. Soldaki iki “doku” arasındaki sınır, size doğru çıkık gibi görünür. Şimdi şeklin sağına bakın, ilk bakışta belirgin bir doku sınırı görülmez. Daha yakından bir inceleme, bir bölümün çeşitli doğrultuda L harflerinden, öteki bölümün ise T harflerinden oluşmuş olduğunu gösterir,

ama bu fark size öne çıkmış gelmiyor. Görmek için dikkatin orada odaklanması gerekiyor.

*Beyin alıştırma yoluyla bir “nesne” dizisini (harf dizileri gibi), tek bir "kütle” olarak ele almayı öğrenebiliyor.

1



Şekil 20. Bu ne kadar düzgün?

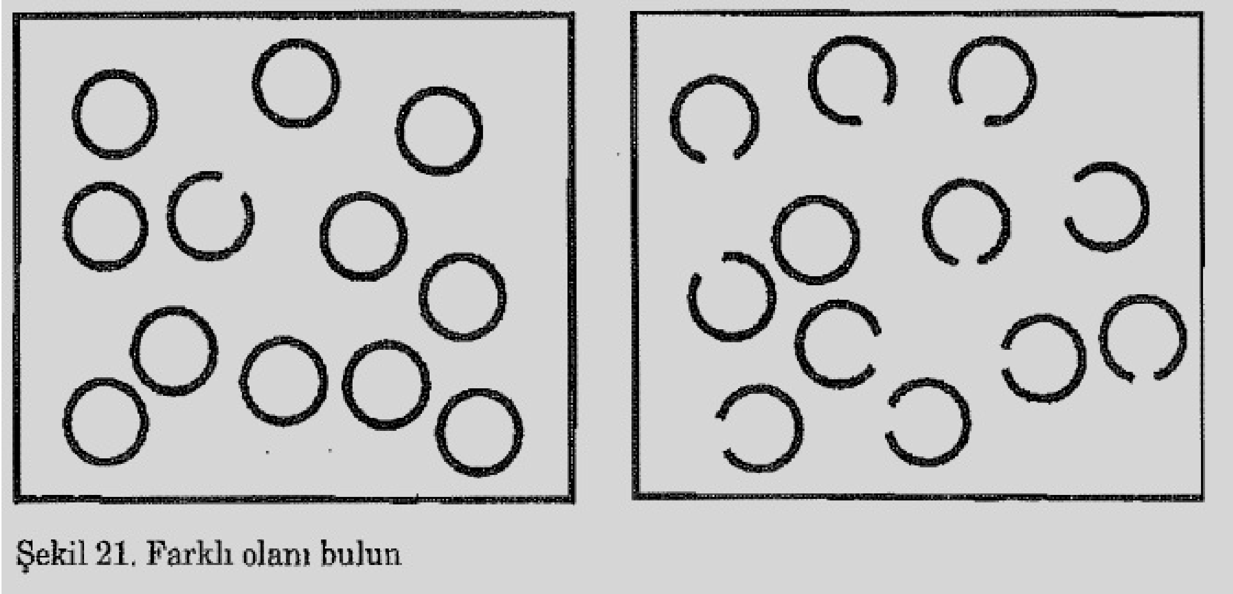
Öne çıkma, ya da öne çıkmanın eksikliği, bir başka yoldan da incelenebilir. Perdeye bir görüntü yansıtılır ve öylece tutulur. Bu deneydeki görüntüde, deneğin bulması istenen “hedef,” benzer ama biraz değişik “dağıtıcı” denilen nesneler arasına yerleştirilmiştir. Örneğin tek bir kırmızı dışında hepsi yeşil çok sayıda harf, dağınık biçimde gösterilir. Deneğe kırmızı harfi gördüğü anda bir düğıneye basması istenir. Bunu çok çabuk yapabilmektedir. Daha da önemlisi, tepki süresi yeşil harflerin az ya da çok sayıda olmasına bağlı değildir. Dağıtıcılar ne kadar çok olursa olsun bu süre aynı kalmaktadır. Kırmızı harf kolayca “öne çıkmaktadır.”

Dikkat konusunda çalışan ruhbilimcilerin en önde gelenlerinden Anne Treisman iki arkadaşıyla birlikte 1977’de ün kazanan bir deney gerçekleştirdi.[6] Deneyin özü şöyleydi. Kırmızı

Ama çözümde bir güçlük daha var. Belki de deneğin beyni daha uyanık olmayı öğrenip yalnızca kırmızı harflere dikkat etmeyi kararlaştırmış (ve yeşilleri umursamıyor) olabilir.*[7] Böylece harflerin yarısını atmış olur ve aynı adım hızındaki dikkat ile aramayı daha çabuk bitirebilir. Bu durumda, 120 milisaniyelik adım hızı gözlenen sonucu verecektir.

Böylece ne yazık ki adım hızı gerçekte 120 milisaniye iken biz onu 20 milisaniyeymiş gibi gözlemliyor olabiliriz. Çünkü beyin kırmızı T’yi ararken yalnızca kırmızı nesnelere dikkat etmekle kalmayıp, aynı anda birkaç harfe bakarak "hile” yapıyor olabilir. Öyleyse projektörün bir adımındaki süreyi kesin olarak belirleyemiyoruz.

Treisman öne çıkmanın bakışık olmayabileceğini de gösterdi.[8] Kesikli bir daire tam dairelerin oluşturduğu bir zeminde öne çıkacaktır (Şekil 21a’ya bakınız), ama tam bir daireyi kesikli dairelerin olduğu zeminde bulabilmek için ardışık arama gerekmektedir (Şekil 21b).



Şekil 21. Farklı olanı bulun

Ruhbilimciler dikkat öncesi işlemler ile dikkat işlemlerinin farkım nasıl tanımlıyorlar? Başlangıçta Treisman dikkat öncesi işlemin, görüş alanındaki

basit özellikleri (yön, hareket, renk, vb.) uzmanlaşmış alt sistemlerde koşut olarak kaydettiğini düşünüyordu. Odaklanmış dikkat bu Özellikleri sonradan bir yolla birleştiriyordu. Özenli deneyler ile gösterdi ki, özellik birleştirilmesine tanınan süre en aza indirildiğinde, beyin sürçüp, özellikleri bazen yanlış birleştiriyor ve aldatıcı birleşimler veriyordu. Bunu göstermek için Treisman bir ders sırasında, dia projektörü ile perdede çok kısa bir süre siyah saçlı kırmızı kazaklı bir genç kadın fotoğrafı gösterdi. Dinleyicilerden birkaçı kırmızı saçlı bir kadın gördüklerinden emindiler. Kazağının kırmızısı kadının saçına "göçerek" aldatıcı bir birleşime yol açmaktaydı.

*Bunun olabildiği deneylerle kanıtlanmaktadır.

Buna gündelik yaşantıda çok seyrek de olsa rastlanır. Treisman buna bir örnek veriyor:[8] "Kalabalık bir sokakta yürüyen arkadaşım, tam iştekilerden birini gördüm, ona merhaba diyeyim derken, onun olduğu sandığı kara sakalın yoldan geçen başka birine, kabak kafa ve gözlüklerin de bir başkasına ait olduğunun farkına varmış."

Neyin "basit Özellik" olduğu önceden bilinemiyor.* Ne yazık ki daha sonraki çalışmalar, neyin öne çıktığının sanıldığı kadar açık seçik olmadığım ortaya koydu. Bununla ilgili pek çok deneyin ayrıntılarım anlatmaya girmeyeceğim

Treisman'm çeşitli dikkat modelleri, genellikle Öne çıkmayı, uzun süreli ardışık arama sürecinden farklı bir süreç olarak tammkyor. Kyle Cave ve Jermey Wolfe gibi başka ruhbilimciler ise öne çıkmamn dikkat sürecinin ilk adımı olduğunu ileri sürüyorlar.[10] Dikkat sisteminin bir miktar "gürültülü" olduğunu ve bu nedenle yanlış yapma eğiliminin bulunduğunu varsayıyorlar. Bir nesne yeterince "belirgin" ise, dikkatin projektörü ilk adım olarak oraya ya da o nesnenin üzerine yönelecektir. Nesne daha az çıkıksa, sistem hedef nesneyi seçmede zorluk çekebilir. Hedef üzerinde yoğunlaşmadan Önce birkaç denemeyanılmadan geçeceği için süre uzar. Böyle bir düzenek de basit ardışık arama düzeneğini nki gibi sonuçlar verebilir.

John Dunean ve Glyn Humphreys böyle bir projektörün varlığını bile yadsımaktalar.[11] Onlar, görüş alanındaki çeşitli nesnelerin hepsinin birden görsel kısa dönemli belleğe erişmeye çabaladıklarını ve bunu başaranların etkinliğin odağı görevini yerine getirdiklerini ileri sürüyorlar. Basamaklı bir

yapıda olan modelleri, değişik dikkat dağıtıcıların arasındaki ilişkileri de göz önüne alıyor örneğin, dağıtıcılar birbirinin aynı mı, yoksa pek çok çeşitleri mi var?

*Bundan yola çıkarak hangi görsel özelliklerin öne çıktığını bulmaya çalışan bir araştırma programı başlatıldı. Sonucunda bunların basit özelliklere (görmenin "primitiflerine) karşılık düştüğü, özelliklerin bileşiminin ise ardışık arama gerektirdiği bulundu.

Gelecekteki araştırmalar, ruhbilimcilerin bir dikkat modeli üzerinde birleşmelerine yol açabilir, ama bunun basit bir model olamayacağını belirteyim. Sanırım doğru model yalnızca ruhbilimsel testlerden çıkmayacak sistem böyle olamayacak kadar karmaşık. Doğru yanıtın ortaya çıkması için, beynin ilgili bölümlerindeki nöronların davranışına ilişkin birtakım bilgiler gerekebilir.

O halde, görsel dikkat ancak bir ölçüde anlaşılabilmiş. Şimdilik herkesin üzerinde birleştiği bir ruhbilimsel model de yok.

Peki ya kısa dönemli bellek? Ona ilişkin ne biliniyor? Bir anı, deneyim sonucu, sistemde, ilerideki düşünce ya da davranışları etkileyecek bir değişiklik olarak tanımlanabilir, ama bu tanım işe yaramayacak kadar geniş. Yorgunluk, yaralanma, zehirlenme, vb. olayları da kapsamış olur, oysa öğrenme ve gelişmeyi (ilk büyüme) ayırt edemez. İsrailli nörobiyolog Yadin Dudai daha kullanışlı ve daha incelikli bir tanım üretti.[12] Dudai, ilkin, "dünya"nın yani hem dış ve hem de iç ortamın "iç temsili" ile ne demek istediğini belirliyor. İç temsili "dünyanın nöronlarla kodlanmış, planlı ve davranışa kılavuzluk edebilecek bir çevirisi" olarak tanımlıyor. Bu, en alt düzeyde sinir hücrelerinin (nöronların) davranışı nasıl etkilediği ile ilgilendiğimizi vurguluyor. Buna göre "öğrenme," böyle bir iç temsilin deneyim yoluyla oluşturulması ya da değiştirilmesidir. Böylesi değişiklikler uzunca bir süre kalır (bazen yıllarca), ama biz daha çok, çok kısa bir süre tutulan anılarla ilgileneceğiz.

Alışma ve duyarlılaşma gibi çok basit anı biçimleriyle ilgilenmeyeceğim. (Bir bebeğe aynı resmi üst üste on kez gösterdiniz diyelim. Önce meraklanacak, ama bir süre sonra sıkılacaktır. Buna "alışma" denir.) Bu süreçler "çağrışımsız" olarak sınıflandırılır. Deniz sümüklüsü gibi

en alt düzeydeki hayvanlarda bile bulunur. Biz, organizmaların uyarılar ile etkinlikler arasındaki ilişkilere tepki göstermesini sağlayan “çağrışımsal öğrenme” ile ilgileneceğiz.

Belleği oldukça belirgin birkaç türe ayırmak yararlı olacak, ancak bunların tam olarak nasıl tanımlanacağı bir anlaşmazlık konusu. Elverişli bir sınıflandırma şu: Olay belleği, sınıfl an din cı bellek ve işlemsel bellek. Olay belleği, bir olayın, genellikle ilgisiz tüm ayrıntıları ile anılmasını sağlar. Buna iyi bir örnek, Başkan Kennedy’nin öldürüldüğünü duyduğunuzda nerede olduğunu anımsamanız. Sınıflandırıcı belleğe örnek, “cinayet” ya da “köpek” gibi sözcüklerin anlamı; nasıl yüzüldüğü ya da araba kullanıldığı ise işlemsel belleğe örnek.

Bir başka sınıflandırma yöntemi de zamanlamaya bağlı: anıyı kalıcı duruma getirmek ne kadar zaman alıyor ve anı genel olarak ne kadar tutuluyor. Bazı anılar, özellikle olay belleği, “tek atımlı” ya da “flaş” öğrenme sınıfına girer. Bunlar bir kez yaşanmayla bile kuvvetle ammsanabiliyor (Böyle anılar elbette yineleme yoluyla öyküyü, her seferinde doğru biçimde olmasa da yeniden anlatarak güçlendirilebilir). Diğer bellek türleri, bir şeyin genel doğasını, örneğin bir sözcüğün (tanımlanmamış) anlamını çıkarmada onun yinelenmesinden yararlanırlar.

Araba sürmek gibi işlemsel bilgilerin bir defalık bir deneyimle elde edilmesi genellikle zordur, çoğunlukla yinelenen alıştırmalardan yararlanılır. Bu tür bilgiler olağanüstü uzun süre kalıcıdır. Yüzmeyi öğrendikten sonra yıllarca yüzmeseniz de, yine gayet güzel yüzebilirsiniz. Tanınmış bir piyanist bilinen bir müzik parçasının unutulmasına ilişkin demişti ki bana, “En son kas belleği uçup gidiyor,” yani otomatik olarak, düşünmeden o parçayı çalabildiğini söylüyordu.

Bellekteki anıların kalıcılıkları farklıdır ve bellek genellikle uzun dönemli ve kısa dönemli bellek olmak üzere ayrılabilir, ama bu terimlerin anlamı kişiden kişiye değişiyor.

“Uzun dönemli” çoğunlukla saatler, günler, aylar, hatta yıllar boyunca demek oluyor, “Kısa dönemli” ise saniyenin kesrinden birkaç dakika ya da

daha fazlasına kadan kapsayabiliyor, Kısa dönemli bellek çoğunlukla kararsız ve sınırlı kapasitede oluyor.

Rüya gördüğünüzde ne olduğunu bir düşünün. Rüya sırasında uzun dönemli belleğe hiçbir şey (ya da en azından açıkça anımsayabileceğiniz hiçbir şey) koyamıyor gibisiniz. Beyniniz rüyayı bir tür kısa dönemli bellekte tutuyor. Uyandığınızda (sandığınızdan daha sık olur bu) uzun dönemli bellek devreye girer. O anda hâlâ kısa dönemli bellekte bulunan şeyler uzun dönemliye aktarılabilir işte bunun için rüyada gördüğünüz her şeyi değil de, yalmzca rüyanın son birkaç dakikasını anımsayabiliyorsunuz. Uyandıktan hemen sonra rahatsız edilirseniz bir telefon ziliyle örneğin rüyanın kısa dönemli bellekteki parçası kesintiye uğradığı için bozülup yitebilir, böylelikle telefona yanıt verdikten sonra, rüyanızın son bölümünü bile geri getiremezsiniz.

Bir anıyı çağırmak, hepimizin bildiği gibi, pek de basit bir işlem değildir. Çoğunlukla belleğe sormak için bir ipucu gerekir, bu olsa bile anı akla gelmeyebilir. Bazı anılar zayıflar ve uyandırılmaları için daha kuvvetli ipuçları isteyebilir. Bazıları da giderek silinir ve tamamen yitip gider. Yakın ilişkisi olan bir başka anı, işe karışarak istediğinize erişmenizi engelleyebilir, vb.

Genelde bilincin ve özelde görsel farkındalığın, uzun dönemli olay belleğinde ve sımflandırıcı bellekte önceden sakladıklarımızı kendi süreçlerinde kullandıkları besbelli. Bizi daha çok ilgilendiren ise çok kısa dönemli bellek, çünkü yeni olayları kaydedecek belleğin tümünü yitirirsek bilinçli olamayacağımızı savunmak akla yatkın geliyor. Ancak bu temel bellek türü saniyeden daha az ya da belki en çok birkaç saniye tutabiliyor. O halde bu çok kısa dönemli bellek biçimleri üzerinde duralım.

Önünüzdeki şeylere bakın, sonra aniden gözlerinizi kapatın. Görsel dünyanızın canlı resmi çabucak yok olup yerini sönük bir anıya bırakır. Bu da birkaç saniyede silinir. Silinenedek geçen süreyi ölçme girişimleri ta on sekizinci yüzyılda başladı. Karanlıkta hareket eden, yanan bir sigaranın ucu gibi bir ışık kaynağı ardında bir ışık izi bırakır. Bu izlerin uzunluğunu ölçen yakın zamanlardaki araştırmalar, ışık algısının 100 milisaniye kadar sürdüğünü önermektedir, ama bunun bir kısmı ağtabakadaki görüntünün izinden ötürü olabilir.

Ruhbilimciler kısa dönemli bellek çeşitlerini nasıl araştırıyorlar? Klasik bir deney 1960'ta Amerikalı ruhbilimci George Sperling tarafından yapıldı.[13] Bir perdede on iki harfi, üç sırada dörder harf olmak üzere, kısa bir süre (50 milisaniye) gösterdi. Zaman öyle kısaydı ki, denek yalnızca dört beş harfi aklında tutabiliyordu. Sonra, ikinci bir deneyde, denekten yalnızca bir sırayı söylemesini istedi. Hangi sıranın sorulacağını bir ses tonuyla bildiriyordu, ama bu ipucu, harfler gösterildikten hemen sonra veriliyordu. Bu durumda denek, ipucunda belirtilen sıradaki dört harften üçünü bilebiliyordu.

Yalnızca bu ikinci deneye bakarak, üç sıradan birindeki harflerin dörtte üçünü bilen deneğin, üç sıranın hepsinde (üç kere üç) dokuz harfi bilmesi beklenirdi, ama ne ki ilk deneyden ancak on ikide dört ya da beş tanesini anımsayabildiğim gördük. Bu, beynin harfleri hızla silinmekte olan görsel izden okuduğuna kuvvetle işaret ediyor. Bu gibi çok kısa dönemli görsel belleğe "ikona belleği" deniyor, görüntü anlamındaki ikona sözcüğünden.

Bu konuda başka pek çok çalışma yapılmıştır. Silinme süresi, görüş alanının, gösterimden önce ve sonra, aydınlık ya da karanlık olmasıyla değişmektedir. Karanlıkta silinme süresi saniye düzeyindedir; daha aydınlıkta ise daha az, belki saniyenin dörtte biri kadardır. Parlak bir zeminin bu etkisine "maskeleme" denir. Maske olarak şekiller de kullanılabilir ama bu tür maskeleme çok değişik sonuç verir. Kısaca, aydınlıkla maskeleme görme sisteminin ilk aşamalarında, belki ağtabakada, daha iki gözden gelen bilgiler bir araya getirilmeden önce olur. Şekille maskeleme ise, harflerin gösterimiyle maskenin gösterimi arasındaki süreye çok bağkdır. Toplanan veriler, bunun görme sisteminde iki gözden gelen bilgiler bir araya getirildikten sonra, birden fazla düzeyde gerçekleştiğini ortaya koyuyor.

İkona belleği kısa süreli bir görsel işaretin kalıcılığına, ama işaretin kesilmesinden sonra değil de başlangıcından itibaren bağlı gibi. Bu, onun biyolojik işlevinin, çok kısa süreli işaretlerin işlenmesi için yeterli zaman (kabaca 100200 milisaniye düzeyinde) sağlamak olduğunu ortaya koyuyor, bu da yeterli bir görsel işlem için belli bir süre gerektiğini öneriyor.

Kısa dönemli görsel belleğin biraz daha uzun bir biçimi daha var. Bunu yoğun biçimde incelemiş olan İngiliz ruhbilimci Alan Baddeley, "çalışma belleği" olarak adlandırıyor.[14] Tipik bir örnek, yeni bir yedi rakamlı telefon

numarasını anımsamak. Akılda tutabildiğiniz rakam sayısına “rakam erişimi”niz deniyor. Çoğu insan için bu altı ya da yedi rakam oluyor. Bir başka deyişle, çalışma belleğinin kapasitesi sınırlı. Bu belleğin, ilişkili duyuya bağlı olarak birkaç değişik biçimi var. Görme için Baddeley buna “görseluzaysal yaz boz tahtası” diyor. Buradaki süreler birkaç saniye dolaylarında. Bir yüzü ya da tanıdık bir nesneyi anımsamaya çalıştığınızdaki gibi görsel imgelemle de ilgili olduğu sanılıyor. Özellikleri daha kısa dönemli ikona belleğinden yeterince farklı olduğundan, beyinde değişik süreçler gerektirdiği olasıdır.

Çalışma belleği bilinç için gerekli mi? Olmadığını ortaya koyan bulgular var. Beyinleri hasara uğramış bazı hastaların rakam erişimleri çok kısa son duydukları rakamdan öncesindekileri pek ammsayamıyorlar ama bunun dışında bilinçleri normal ve uzun dönemli belleklerinde de hiçbir bozukluk olmayabiliyor.[15] Şimdiye dek, görsel ve işitsel, tüm çalışma belleklerini yitirmiş bir hastaya rastlanmamış; ama bunun nedeni, böyle bir arızaya başka yetileri bozmadan yol açabilmek için hasarın çok yerel ve üstelik başka başka birçok yerlerde olması gerektiği ve bunun olasılığının da son derece düşük oluşudur.

Uzun dönem' belleği, hem ikona ve hem de çalışma belleğinden çok farklı gibi. Birbirinden oldukça farklı 2500 renkli fotoğraf gösterilen (her biri on saniye olmak üzere) bir denek, on gün sonra bunların yüzde doksanım hâlâ tanıyabiliyor. Ancak, denekten yalnızca fotoğrafı daha önce görüp görmediğini söylemesi istendiğinden, her fotoğraftaki bilginin az bir bölümünü aklında tutması yetmektedir (yardımsız anımsamak çok daha zor).

Uzun dönemli olay belleğiyle pek ilgilenmeyeceğiz, çünkü yeni olaylara ilişkin uzun süreli anılar oluşturamayacak biçimde beyni hasarlı bir hasta pekâlâ uyanık ve bilinçli oluyor (on ikinci başlığa bakınız). Kısa dönem belleği ve özellikle ikona belleğinin, bilinç düzenekleriyle çok yakından ilişkili olması akla yatkm geliyor.

VI. Bölüm

Algılama Anı: Görme Kuramları

Ruhbilimi çok yetersiz bir bilim.

Wolfgang Köhler

İkona belleğinin ve çalışma belleğinin silinme süreleri çok kışa olabiliyor. Peki bir şeyin farkında olmâya yol açan ya da farkın dalı ğa karşılık gelen süreçlerin gerektirdiği sürelere ilişkin bir şey söyleyebilir miyiz? İkinci bölümü anımsayın, beynin etkinliğini hesaplamalar yapmak olarak tanımlayan bazı zihinbilimciler, bilince erişen şeylerin hesap işlemlerinin kendileri değil de işlemlerin sonuçları olduğuna inanıyorlar. .

Beyindeki birtakım etkinliklerin, belli bir asgari süre devam etmedikçe bilince erişmedikleri ileri sürülmektedir.[1] Etkinlik zayıf ise, bu süre yarım saniyeye kadar çıkmaktadır. Tek bir “algılama anıfna karşılık düşen etkinlik süresinin ne dolaylarda olduğunu bilmeliyiz ki farkındalığın sinirsel karşılığını arayışımıza yol göstersin. Tek bir işlem için gereken zaman aralığı ne kadardır?

Şu deneye bir bakalım. Bir deneğe 20 milisaniyelik kısa bir süre yanıp sönen kırmızı ışık gösterilsin, hemen ardından da, tam aynı yerde, yine 20 milisaniyelik yeşil bir ışık. Ne gördüğünü bildirecektir? Kırmızı yanıp sönen bir ışık ve hemen ardından yeşil bir ışık görmez. Bunun yerine, yanıp sönen sarı bir ışık gördüğünü söyleyecektir tıpkı bu iki renkteki ışıkların aynı anda yanıp sönmesi durumunda yapacağı gibi. Oysa kırmızıyı yeşil ışık izlemeseydi, kırmızı ışık gördüğünü söyleyecekti. Bu demektir ki ancak yeşil yanıp sönen ışıktan gelen bilgi işlendikten sonra rengin ne olduğunun (san) farkına varabilmektedir.

O halde uyarının aslında ne zaman başladığını doğrudan hissedemiyorsunuz. Kısa süreli bir uyarının gerçekte ne kadar sürdüğünün bilinçli bir tahminini yapamazsınız. Ta 1887’de, Fransız bilimci A. Charpentier, 66 milisaniye uzunluğa kadar flaşların 7 milisaniyelik bir flaştan daha uzun süreli görünmediğini bulmuştu.

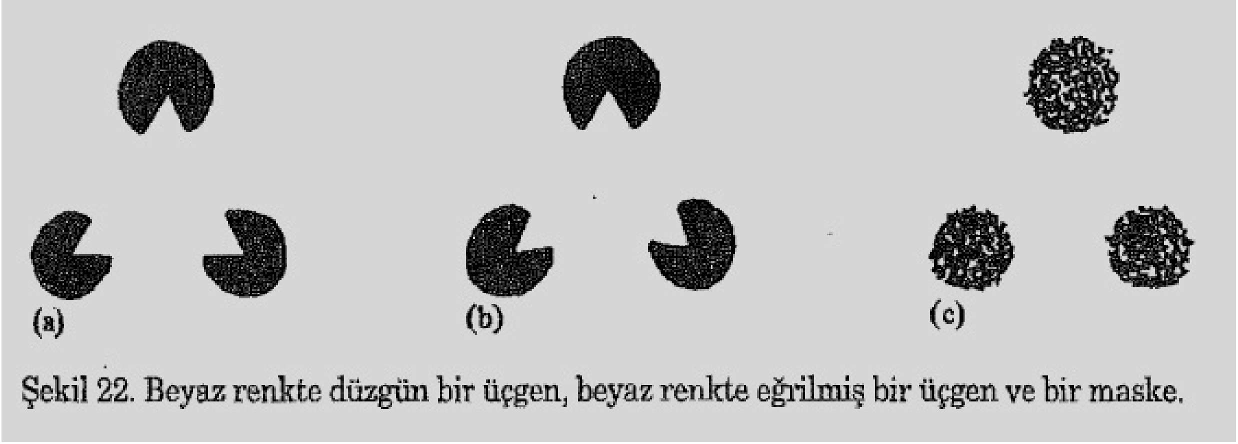
Amerikalı ruhbilimci Robert Efron, 1967’de bu konuda çok yetkin bir makale yazdı.[2] Saptamada farklı farklı yöntemler kullanarak, işlem süresinin 60^{L}70 milisaniye kadar olduğu sonucunu çıkardı. Bu rakamlar kolayca gözlemlenecek kadar belirgin ve oldukça basit uyarıcılar içindi. Daha

karmaşık ya da hafif uyarıcılar için işlem süresinin daha uzun olması beklenir.

Daha karmaşık işlemler için ne kadar zaman gerekiyordur? Bunu ölçmede, bir görsel uyarımn hemen arkasından, görüş alanının aynı yerinde, orijinal uyarıyı görmek için gereken işlemlerin bazısını bozacak bir şekil, bir maske konur. Sonuçların ayrıntılı yorumu biraz ustalık gerektirebilir. Sistem basit ve kesintisiz ise, yani işaretler bir kattan ötekine ara vermeden akıyorsa ve farkındalığa geçiş bir anda oluyorsa, o zaman maskeden gelen işaret uyandan gelen işaretleri yakalayamaz. Ama maskeleme, uyarıyı algılamayı bozduğuna göre an azından işlemlerin bazısı belli bir süre gerektiriyor olmalı, zaten böylesi de akla yatkın. Yorumdaki bu zorluklara rağınen, maskelemenin etkileri bize ne olup bittiğine ilişkin sınırlı da olsa bilgi verebilir.

Amerikalı ruhbilimci Robert Reynolds bunu incelemek için birtakım deneyler yaptı.[3] Bir algının değişik yanlarının başka başka anlarda görüldüğünü göstermek istiyordu. Bir başka deyişle» uyarının gösterilmesi anından kararlıca bir algı oluşmasına kadar geçen zamanda algının izlediği süreci araştırmaktı niyeti.

Bir örnek olarak, dördüncü bölümde tanımlanan aldatıcı sınır çizgileri algısının oluşması sürecini ele alalım. Reynolds, deneklere bunun iki değişik örneğinden birini gösterdi (Şekil 22’ye bakınız) deneğin tahminde bulunmasını ya da yalan söylemesini güçleştirmek için. Her bir örnekte üç siyah “pekmen” bulunmaktadır, öyle yerleştirilmişlerdir ki oluşturdukları aldatıcı üçgenin kenarları ilkinde düz, İkincisinde ise eğridir. Uyarı 50 milisaniye yamp söndükten sonra, belirli bir gecikme ile* Şekil 22c’deki maske gösterilir. Uyarı yeterince büyük ve parlak olduğundan bu kısa gösterimde bile denekler üç pekmeni her defasında açık seçik görebiliyorlardı. İkona belleğinden ötürü, maskeleme yoksa, görüntüden gelen işaretlerin, gösterildikleri 50 milisaniyelik süreden daha fazla belki birkaç yüz milisaniye beyni etkilemelerini beklerdik.



Şekil 22. Beyaz renkte düzgün bir üçgen, beyaz renkte eğrilmiş bir üçgen ve bir maske.

Reynolds, maske uyarıyı hemen izlediğinde deneklerinin büyük bir bölüngünün aldatıcı üçgeni görmediklerini, gördüğünü söyleyenlerin de yanlış yaptıklarım, düz üçgenle eğri üçgeni birbirine karıştırdıklarım buldu. Ancak gecikme 50 ila 75 milisaniyeye çıkarıldığında yani UBG 100125 milisaniye ise gözlemcilerin hepsi üçgeni gördüklerini bildirdiler, eğriliği konusunda tamamen doğru olmasalar da.

Reynolds sonuçlan Uyarı Başlangıcından Gecikme (UBG) cinsinden bildirmektedir. Uyarı 50 milisaniye sürüyorsa, 50 milisaniyelik bir UBG, maske uyarı bitikten hemen sonra gösteriliyor demektir. Buna sıftr gecikme durumu diyorum.

Bu, toplam işlem süresinin tam olarak ne görüldüğüne bağlı olduğunu açıkça gösteriyor. Üç pekmen, aldatıcı üçgenin görülmesinden bir süre önce açık seçik görülebiliyor.

Bu deneylerin beyinde algının “sinirsel karşılığı”mn tam olarak hangi anda uyandığını göstermediğine dikkat edin. Tek gösterdiği şey, algının bazı yanları için işlem süresinin daha uzun olabileceği.

Reynolds, aynı aldatıcı üçgenlerin şeffaf tuğladan bir duvarın “arkasında” imiş gibi gözüktüğü aynı çizgide ama daha karmaşık bir deney daha yaptı. Böyle bir görsel imgenin yorumunda belirsizlikler vardır. Denekler önce üç pekmeni gördüler. Sonra parlak bir üçgen gördüklerini söylediler, ama daha sonra bunu reddettiler. Sonunda üçgen algısı geri geldi.* Bu son üç aşamanın her biri arasında 150’şer milisaniye fark vardı.

:

“Hesaplamalar”ın ne kadar zaman aldıklarının, ne kadar karmaşık olduklarına bağb olabileceği açık. Her ne kadar ayrıntılı bir yorum, bu işaretlerin beynin çeşitli bölgelerine nasıl gidip geldiğine ve bu bölgelerin nasıl etkileştiklerine (ki bunun basit olması beklenemez) bağlı olsa da, en azından görsel işlemler için kabaca ne kadar zaman gerektiğine ilişkin bir fikrimiz oldu. Beyinde görmeye yönelik bir çok değişik süreci ve bunların ne yolla etkileştiklerini daha iyi anlamadıkça daha kesin zaman ölçümlerinde bulunamayabiliriz.**

Görsel işlemlerin birçok yanma az da olsa değindim, ama bu süreçlerin hepsini birden sistemli bir biçimde nasıl ele almamız gerektiğini açıklayamadım. Bu zor bir konu. Bu kitap yalnızca görsel algılama üzerine olsaydı, görmeye beynin sonunda görmemizi sağlayan karmaşık etkinlikleri nasıl yerine getirdiğine ilişkin yeni görüşleri uzun uzadıya anlatmalıydım. İkinci bölümde sözü edilen zihinbilimciler dışında, bu kuramcıların çoğu bilince pek ilgi göstermemişlerdir. Bu nedenle ve genel olarak kabul edilen bir görme

Denekler bu aşamaların hepsini tek bir deneyde yaşamadılar. Sonuçlar değişik gecikmeli maskelemeler sonrasında bildirilen algıların karşılaştırılmasından elde ediliyordu.

**Libet’in başka çalışmalarım on beşinci bolümde ele alacağım, kuramı bulunmadığından, soruna oldukça değişik pek çok yaklaşımın ayrıntılı tanımlamasını atlıyorum. Ama aşağıdaki özet, okuyucunun bu konuya şöyle bir göz atmasını sağlayacaktır.

İnsanlar görmeyle çok değişik nedenlerle ilgilenirler. Bazısı evde, sanayide ya da savaşta kullanmak için bizim kadar ya da daha iyi görebilen görme makinesi yapmak ister. Bunlar, beynimizin bu işi nasıl becerdiğiyle, bir fikir edinmek dışında, ilgilenmezler. Bir uçağın kanatlarını çırpması nasıl gerekmiyorsa, görme makinesinin de beyni taklit etmesi gerekmez.

Öbürlerinin başlıca ilgilendikleri ise insanın nasıl gördüğü. Bir uçta beynin ayrıntılarını bilmenin herhangi bir yarar getireceğini inkar eden îşlevcilerin bir kesimi var.** Çoğu bilimciler böylesine garip bir görüşün varlığını öğrenince dehşete düşüyorlar. Öteki uçta, hayvan beynindeki sinir hücrelerinin bir görüntüye nasıl tepki gösterdiği üzerinde yoğunlaşıp bu

etkinliğin nasıl olup da görme ile sonuçlandığıyla ilgilenmeyen bazı sinirbilimeiler var. Neyse ki şimdilerde az sayıda da olsa, görüşleri bu iki aşırı ucun araşma düşen çalışanlar var görme konusunda. Bunlar hem görmenin ruhbilimiyle, hem de sinir hücrelerinin davranışlarıyla ilgileniyorlar.

Bu sorunun çözümüne getirilen öneriler de çok farklı. Bazısı eğilinmesi gereken en önemli konunun görsel çevre bastığımız toprak, üzerimizdeki gök ve ikisi arasında göze çarpan şeyler olduğunu düşünüyor. Beyin tasalandırmıyor onları, çünkü onlara göre beynin yapması gereken tek şey, çevrenin özellikleriyle “rezonansa” geçmesi, her ne demekse. Kendilerine üstatları rahmetli J. J. Gibsonin anısına Gibsoncılar diyorlar. Başkaları ise, gölgeden şekile varma ve berber direği yanılsaması gibi temel ama oldukça sınırlı görsel işlemleri çözümleyip, bu tür sorunları çözecek bilgisayar yöntemleri geliştiriyorlar. Bu gelenek üniversitelerin Yapay Zekâ (Y.Z.) bölümlerinde hâlâ çok güçlü. Daha başkaları da beyinde olup bitenleri gündelik nesne ya da olaylara benzetmeye çalışıyorlar. “Projektörler,” ya da “bir nesne için dosya tutmak” gibi şeylerden söz ediyorlar. Son yirmi otuz yıl içindeki açıklamalar bir bilgisayarın çalışması temel alınarak yapılageldi: Merkezi işlem, rassal bellek vb. bilgisayar kavramlarını kullanarak birtakım belli kurallardan sonuca varmak. Daha yeni bir gelişme ise sinir ağları daha çok koşut bir biçimde, açık kurallara dayanmadan birbirleriyle etkileşen nörona benzer birimlerden oluşmuş bir düzen (Bu on üçüncü bölümde daha geniş tartışılacak).

Geştaltçı ruhbilimciler, dördüncü bölümde gördüğümüz gibi görme eyleminin dayandığı temel ilkeleri bulmak istiyorlardı. Kuşları ve uçakları anlamak için nasıl aerodinamiğin yasalarını bilmek gerekiyorsa, görmeyi anlamak için de onun genel ilkelerini araştırmak gerektiği savlanıyordu. Bu yaklaşımın modern biçimleri, çoğu kez kuramlarını bilişim terimleriyle güçlendiriyor. Matematikçilerin şöyle ya da böyle genel matematik: ilkeler ortaya koymaları hiç de şaşırtıcı değil. Bu fikirlerin hepsini sıradan okuyucuya tanıtmak başlı başına bir kitap ister.

Bu görüşlerin her birinin ayrı ayrı değeri var ama yeterince ayrıntılı ve herkesin kabul edebileceği bir görme kuramı oluşturabilecek biçimde kaynaştırılmış değiller. Bir kere görsel farkındalık sorununu ele almadıkları için yetersiz bugünkü kuramlar. Her nasıl olursa olsun, görme o denli

karmaşık ve anlaşılması güç bir işlem ki, ancak belki önümüzdeki yüzyılda kapsamlı bir kurama erişebiliriz. Görsel farkındalık sorununu şimdi ele almak istiyorsak, bulabildiğimizle yetineceğiz. Bunun için geçici de olsa bir görüşümüz olmalı, yoksa kayboluruz.

Yararlı bulduğum yaklaşımlardan birini rahmetli David Marr ortaya atmıştı. David beyni araştırmaya Cambridge Üniversitesi'nde matematik diploması alarak başlamış genç bir İngilizdi. Doktora teziyle beyincik için ayrıntılı ve özgün bir kuram sunuyordu. Okulu bitirince Sydney Brenner ve ben ona İngiltere'de Cambridge'deki laboratuvarımızda bir ofis verdik. Orada görme kabuğu ve hipokampus'un genel işleyişi hakkında kuramlar üretti. Sonra, görmede Y.Z. yaklaşımım kısmen benimseyerek, İtalyan kuramcısı Tomaso Poggio ile birlikte çalıştığı Massacahusetts Teknoloji Enstitütüsü'ne (MIT) geçti. İkisi birden 1979'un Nisan ayında buraya,~ Saik Enstitütüsü'ne bir aylığına gelip beni ziyaret ettiler. David Görme adlı bir kitap yazarak (ölümünden sonra yayınlandı) görmeye ilişkin çığır açıcı birçok düşüncesini kolay anlaşılır bir biçimde bilimsel makalelerini okumak çok zor anlattı. Bunların bazısı zamanın sınamasından geçemedi; ama kitap, David'in o zaman gördüğü biçimiyle sorunları ustaca ortaya koyması açısından hâlâ geçerli. Kitabın son bölümü David ve zoraki bir inanan (ben) arasında geçen hayali bir konuşmaya ayrılmış. Bu konuşma, Tommy Poggio ile Salk'tayken üçümüz arasında geçen tartışmalardan esinlenmiş.

David birşeyi görme sürecinin anahatlarını tanımlayan genel bir şema tasarlamıştı. Görmenin başlıca amacının bir şeklin temsilini çıkarmak olduğuna inanıyordu; parlaklık, renk, doku vb. şeklin yanında ikincil kalıyordu. Doğal olarak, beynin kendi içinde görsel dünyanın simgesel bir temsilini kurarak ağtabakadaki görüntüde saklı özellikleri belirgin hale getirdiği görüşünden yola çıktı. Büyük bir doğrulukla, bu işin tek bir adımda yapılamayacağını düşünmekteydi. Tek bir adım yerine bir dizi temsiller önerdi. Bunları "ilk taslak," "21/2 B taslak," ve "3B model" olarak adlandırdı.

İlk taslak, ikiboyutlu görüntüdeki bazı önemli bilgileri, başlıcası görüntüdeki ışık değişimlerini ve bunların geometrik dağılım ve düzenini belirler. Diğer şeyler yanında kenar çizgileri, lekeler, uç noktalar, kesiklilikler, sınırlar, vb. ile uğraşır. Ikıbuçuk boyutlu taslak, görünen yüzeylerin ve bunların sınırlarının, gözlemciyi merkez alan bir çerçevede,

yönünü (ve kabaca derinliğini) belirler. Üçboyutlu model gösterimi ise nesneyi merkez alan bir çerçevede şekilleri ve bunların uzaydaki yerleşimini temsil eder.

Bu, en azından görsel işi birbirinden ayrı aşamalara bölüyor ve hiç olmazsa birşeyi görmek için ne kadar çok şey yapmak gerektiğini gösterdiği için bir yararı var. Ayrıntılarda doğra olması beklenmez. Üç aşama ancak kaba bir yaklaşım olabilir örneğin “şekiPe renk, doku ve hareket eklenmelidir. Ayrıca üçten fazla sayıda ve Marr’m tanımladığı kadar belirgin olmayan aşamalar olabilir. Her iki yönde de etkileşiyor olabilirler. Yine de bu açıklama, birşeyi gördüğünüzde olup biten işlemler hakkında bir fikir vermektedir (Bunun sinirbilimle ilişkisini on yedinci bölümde tartışacağım).

David Marr’ın 35 yaşında kan kanserinden ölmesi kuramsal sinir biyolojisi için büyük bir kayıp oldu. Eminim ki daha yaşasaydı, düşüncelerinde çakılıp kalmayacak, konudaki ilerlemeleri izleyerek, beyin kuramına daha gelişmiş yaklaşımlar getirebilecekti. Keskin zekâsı ve hayal gücü kuvvetli yaratıcılığı bugün karşımıza çıkan zorluklar yumağını çözmemizde kuşkusuz yardımcı olacaktı. Entelektüel gücünü çok çeşitli ve çok sayıda deneysel bulguyu özümleyip sindirme yeteneğiyle birleştirmişti o.

Beyni anlamak için ne tür bir açıklama gerekiyor? Benim kendi görüşüm en çok V.S. Ramachandran’m Yararcı Algılama Kuramı ile uyuşuyor. Ona göre görsel algılama, ne bir savı ortaya koyarken kullandığımız gibi bir entelektüel çıkarsama ile, ne de beynin görsel girdilerle basitçe “rezonansta” bulunması gibi bir belirsizlikle ilgilidir. Ne de YZ araştırmacılarının sıkça önerdikleri gibi incelikli denklemlerin çözümünü gerektirir. Bunların yerine, algının “milyonlarca yıllık doğal ayıklanma sonucu deneme yanılma ile kazanılmış göz karan, kestirmecilik, zekice elçabuklukları gibi yöntemler kullandığına” inanıyor Ramachandran. “Bu biyolojide çok bilinen bir yöntem ama nedense ruhbilimciler beynin biyolojik bir organ olduğunu unutmuşa benziyorlar...” Onun şu görüşüne de katılıyorum: “Bu sorunları çözmenin en iyi yolu aslında kara kutuyu açıp sinir hücrelerinin çalışmasını incelemek olabilir, ama ruhbilimciler ve bilgisayarcılar genellikle bu yaklaşımı kuşkuyla karşılıyorlar,”[4]

Ramachandran'a göre şu aşamada görsel ruhbilimcinin görevi sonuçları açıklamak için incelikli matematiksel kuramlar geliştirmek değil, görmenin "doğa tarihi" diyebileceğimiz özellikle ilk aşamalarının bir taslağını çıkarmaktır. Görme işini oluşturan çok sayıda parça belirlendiğinde, hele bazı etkileşimlerin zayıf ya da hiç olmadığı gösterilebilirse, o zaman tam olarak neyin sinirsel bağlamda açıklanması gerektiğini bileceğiz. Bu açıklamada incelikli matematik belki gerekir belki de gerekmez. Ama hiç kuşkusuz birbirleriyle etkileşen nöronlar ve aralarındaki bağlantıların ayrıntıları söz konusu olacak. Görsel dünya karmaşık olduğu için, birbiriyle çok çeşitli biçimlerde dinamik olarak etkileşen, hızlı, kabasaba ama çalışkan pek çok sürecin bulunması beklenir.

O halde atacağımız adım, insan beyni (ve maymun beyni) hakkında ve çok sayıdaki sinir hücreleri ve onları oluşturan moleküller hakkında birşeyler öğrenmek olmalı. Bu da İkinci Kısmın konusu.

VII. Bölüm

İnsan Beyninin Ana Hatları

Ve bakadurdular büyüyen bir merakla,
O küçücük kafa taşıyordu bütün bildiklerini.

Oliver Goldsmith, *Terkedilmiş Köy*

Fareden insana bütün memelilerin sinir sistemleri, boyutları ve parçalarının birbirine oranı çok farklı olmasına karşın (fare beynini filinkiyle karşılaştırınız) belli bir genel plana uygunluk içindedirler. Sürüngenlerin, kuşların, amfibi yaratıkların ve balıkların beyinlerinin de memelilerinkine yakın olduğu açıktır, ama arada çok önemli farklar var. Onları ele almayacağım burada. Ayrıca, olgun bir insan beynini anlamamıza yardımcı olabilecek önemli bir konu olmasına karşın, beynin fetusta ve yeni doğınuş hayvanlarda gelişimini tanımlamaya da girişmeyeceğim. Burada şunıi söylemekle yetineceğim: Genler (ve gelişim sırasında etkiledikleri erkenkalıtsal süreçler) sinir sistemin ana yapısını kurar, ama bu yapının pek çok ayrıntısını yontmak ve ayarlamak için yaşam deneyimi gerekmektedir; bu da yaşam boyunca süreği den bir işlemdir.

Beyinle ilgili şu gerçek, çok bilindiği için olsa gerek, pek dile getirilmiyor: Beyin vücuda bağlıdır ve onunla iletişim halindedir. Sinir sistemine veriler yalnızca vücudun çeşitli yerlerindeki dönüştürücülerden gelir (“Dönüştürücüler ışık, ses, ya da basınç gibi kimyasal ya da fiziksel etkileri elektrokimyasal işaretlere dönüştürürler).

Bu dönüştürücülerin bazıları, gözdeki ışık duyargaları gibi, vücuda dışarıdan gelen işaretlere tepki gösterir, yani dış çevreyi izler. Başka dönüştürücüler ise daha çok vücudun içindeki etkinliklere tepki gösterir, mide ağrınızın tutması ya da kandaki aside duyarlılık göstermenizde olduğu gibi. Bunlar da iç çevreyi kolaçan etmekteler. Sinir sisteminin hareket çıkışı

ise vücuttaki kasların çoğunu denetlemekle görevlidir. Ayrıca beyin hormonlar gibi birtakım kimyasal maddelerin vücuda salınmasını da etkiler. Tüm bu girdiler ve çıktılarla doğrudan ilgilenen çevresel sinir hücreleri, sayıca toplamın yanında çok az kalır. Sinir hücrelerinin büyük çoğunluğu sistemin içindeki bilgileri işler.

Merkezi sinir sistemi değişik biçimlerde parçalara ayrılabilir ama en basiti üçe bölmek onu: omurilik, beyin sapı (omuriliğin en tepesinde) ve onun üstündeki beyin. Omurilik vücuttan duyu verilerini alır ve kaslara emirleri iletir. Konumuz yalnızca görme olduğundan ne omurilikle ne de beyin sapının alt bölümüyle ilgilenmemize gerek yok. Başhca ilgilendiğimiz şey beyin ve özellikle beyin kabuğunun en büyük parçası olan yeni kabuk olacak.

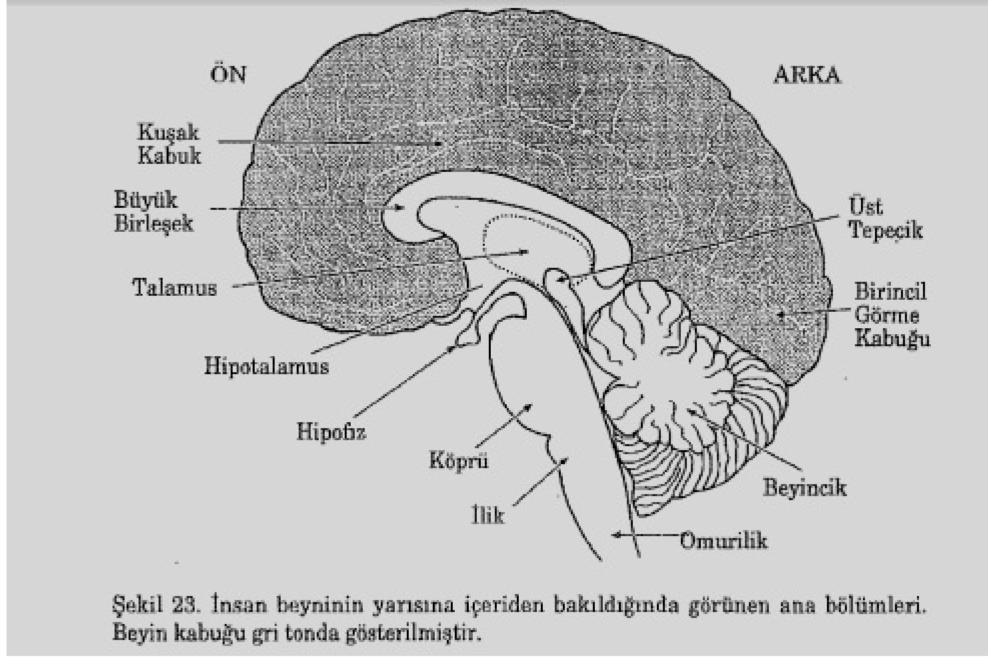
Beyin kabuğu, kafanın iki tarafında sinir hücrelerinden oluşmuş iki ayrı tabakadır. İnsanda bu iki tabakamn toplam yüzölçümü bir erkek mendilinden biraz fazladır. O nedenle, kafatasının içindeki dar yere sığışabilmek için oldukça katlı ve kıvrımlı bir haldedir. Tabakanın kalınlığı her yerde aynı olmasa da daha çok 2 ile 5 milimetre arasındadır. Kabuğun gri maddesini oluşturan bu tabakada daha çok nöronlar, nöronların gövde ve dalları bulunur. Arada “destek” hücre denen çok sayıda yardımcı hücrelerden de bulunur. Bu kabuk tabakasının her milimetre karesinde yaklaşık 100.000 nöron olduğuna göre insan yeni kabuğunda toplam olarak on milyarlarca nöron vardır ki bu rakam yıldız kümemizdeki yıldızların sayısı mertebesindedir.

Nöronlar arasındaki bağlantıların bir kısmı yakın bir çevre içindedir, milimetreden az, ya da en çok birkaç milimetre uzağa gider; ama öteki bağlantılar, kabuk tabakasından çıkıp tabakanın bir başka yerine girene ya da tamamen başkı. bir yere gidene kadar epey yol kateder. Bu uzun bağlantılar “miyelin” denilen yağlı bir koruyucu tabakayla kaplıdır. İşaretlerin daha hızlı iletilmesini sağlayan bu tabakaya parlak beyaz renginden ötürü “beyaz madde” denir. Beynimizin yüzde kırkı beyaz maddeden, yani bu uzun bağlantılardan oluşmuştur. Bu da basit fakat çarpıcı bir biçimde beyin içindeki iletişimin ne denli yoğun olduğunu gösteriyor.

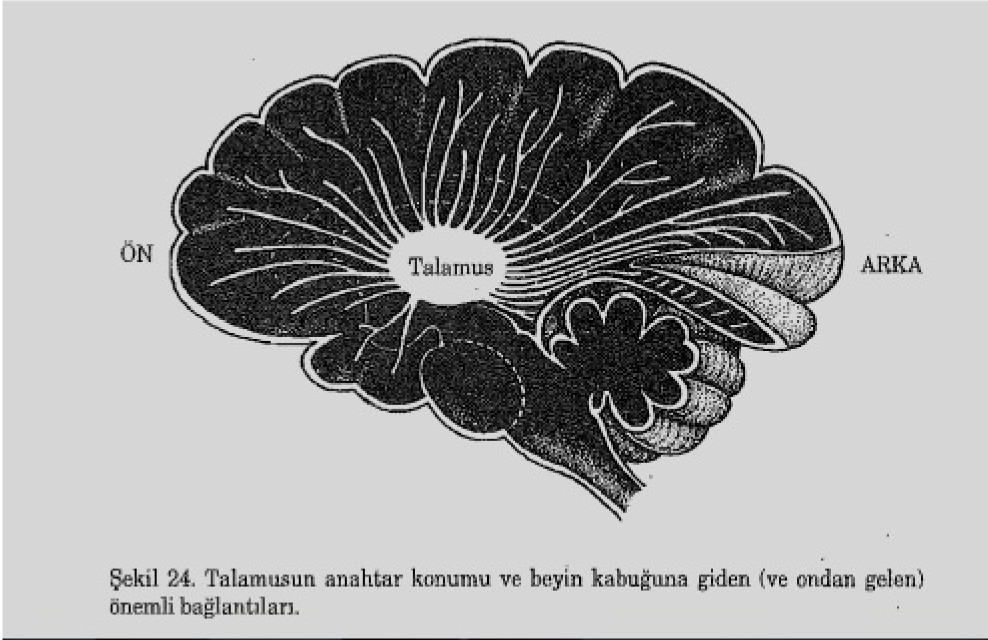
Yeni kabuk (neokorteks), beyin kabuğunun en karmaşık bölümüdür. Yine ince bir tabaka olan “eski” kabuk (paleokorteks) daha çok koku duyusuyla ilgilidir. Hippokamp (denizatı ya da allokorteks ara kabuk da denir) ise daha üst düzeyde, yani duyusal girdilerden uzak, bir oluşumdur. Hippokampın, bilgileri yeni kabuktaki uzun dönemli olay belleğine göndermeden Önce, birkaç hafta kadar sakladığı sanılmaktadır.

Kabuğun altında, kabukla ilişkili birtakım oluşumlar bulunur (Şekil 23). Bunların en önemlisi Talamustur.* Talamusa bazen kabuğun kapısı da denir, çünkü kabuğun ana girişleri[9] ondan geçmek zorundadır (Şekil 24). Talamus, her biri yeni kabuğun bir alt bölümüyle ilişkili olacak biçimde yaklaşık iki düzine bölgeden oluşmuştur. Talamusun her bir bölgesine, bilgileri gönderdiği kabuk bölgesinden bir sürü bağlantılar gelir. Bu dönüş bağlantılarının tam olarak ne amaca hizmet ettiği henüz bilinmemektedir. Talamus yeni kabuktan çıkan birçok diğer bağlantının yolu üzerinde değildir. Bu bağlantılar, doğrudan beynin öteki bölgelerine gider. Talamus kabuğun ana girişlerini tutmakta, ama ana çıkışlarına karışmamaktadır.

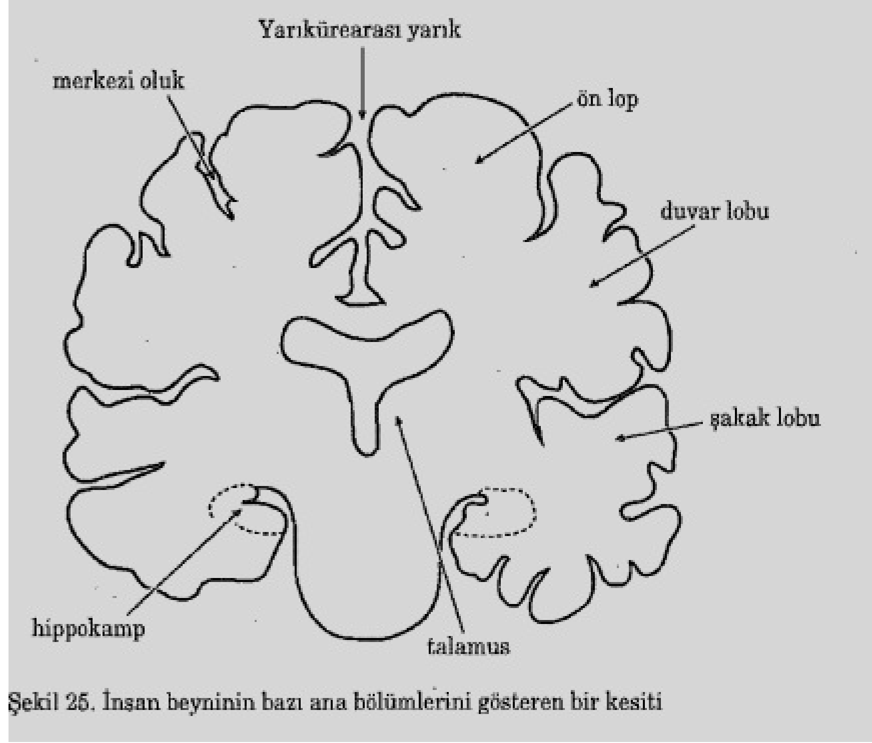
Talamusun yakınında genellikle Çizgili Cisim terimiyle anılan birtakım gelişkin oluşumlar bulunur (Şekil 25). Bu bölgelerin hareketlerin denetiminde Önemli bir rolü olduğu bilinmekteyse de tam olarak işlevleri belli değildir. Talamus’un topluca “yapraklariçi arası çekirdekler” olarak anılan özel bölgeleri öncelikle çizgili cisime, daha seyrek olarak da yeni kabuğa “uzanırlar”. Ussal işlevlerin yeni kabuğun neresinde yerine getirildiği konusunda son yüzyıl boyunca tartışmalar süregelmiştir.



Şekil 23. İnsan beyninin yarısına içeriden bakıldığında görünen ana bölümleri. Beyin kabuğu gri tonda gösterilmiştir.



Şekil 24. Talamusun anahtar konumu ve beyin kabuğuna giden (ve ondan gelen) önemli bağlantıları.



Şekil 25. İnsan beyninin bazı ana bölümlerini gösteren bir kesiti

Bir uç görüşe göre kabuğun her tarafının işlevleri kabaca aynıdır, öteki uçtaki görüş ise kabuğun her küçük bölgesinin oldukça değişik bir görevi olduğunu savunmaktadır.

Geçen yüzyılın başında Viyanalı anatomiei Franz Joseph Gali yerellik görüşüne inanarak kafatasının, çeşitli bölgelerini fantazi nitelikler (saflık, iyilikseverlik, hürmet vb.) ile etiketlemiş ve bu niteliklerin söz konusu bölgelerin altındaki kabukta bulunduğunu varsaymıştır (Şekil 26). Üzerinde bu etiketlerin bulunduğu seramikten insan kafatası modellerine hâlâ rastlayabilirsiniz. Gali, kafatasındaki tümsekleri inceleyerek kişinin karakteriyle ilgili pek çok bilgi edinilebileceğine inanıyordu. Ben küçükken mahalledeki bir şarlatan da “tümseklerimi okuma” karşılığında annemden para sızdırmış. Üstelik, tümseklerimin ilginç olduğunu söyleyip daha yakından incelemek için bir de üstüne para almış. Bütün, bunlardan ne çıkardığını da hiçbir zaman öğrenemedim.

Gali, bölgeselliğin ilk önemli savunucusu olmakla birlikte, düşüncelerinin ayrıntıda çok hatalı oluşu, kabuktaki bölgesellik görüşünün tıp çevrelerinde kötü bir isim yapmasına yol açtı. Oysa şimdi, makak maymununda beyin kabuğunun ayrıntılı incelenmesi ve insanlar üzerindeki

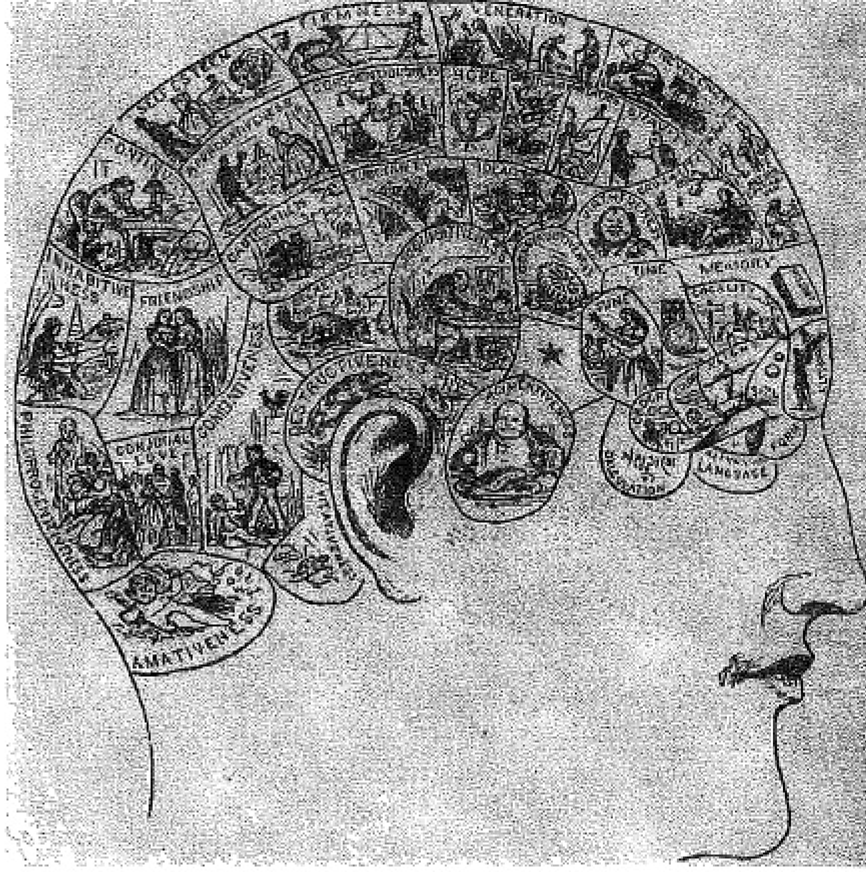
araştırmaların da desteğiyle, bölgeselliğin bir ölçüde geçerli olduğunu biliyoruz. Ancak, ussal etkinliklerin çoğunda farklı kabuk bölgelerinin birlikte iş görmeleri gerektiğinden bu bölgesellik düşüncesini aşırılığa götürmemekte yarar var.

Uygun bir benzetme için küçük bir organik molekülün, Örneğin şeker ya da G vitamininin, özelliklerine bakalım. Bunlarda her atomun yeri ötekilere göre belirlenmiştir. Her atomun kendi özellikleri bulunur, örneğin oksijen hidrojenden çok farklıdır. Ama molekülün tamamının davranışı onu oluşturan atomların birbirleriyle etkileşimlerine dayanır, bazı atomlar öbürlerinden daha önemli olsalar da. Bazen atomları birbirine bağlayan elektronlar belli yerlerde bulunur. Bazen de benzen gibi aromatik bileşiklerde olduğu gibi, elektronlar birtakım atomların arasında dağılmıştır.

O halde yeni kabuğun kaba bir haritasını çıkarıp değişik bölgeleri başlıca işlevlerine göre adlandırabiliriz (Bkz. Şekil 27). Görme kafanın arkasına doğru (Bkz. Şekil 23), işitme yanlarda, dokunma tepededir. Bedenduyusal (dokunma) bölgenin hemen önünde istemli hareketleri denetleyen, yani istemli kaslara emirleri gönderen bölgeler bulunur. Ön taraftaki bölgelerin kesin işlevlerinin ne olduğundan emin değiliz. Planlama, özellikle uzun dönemli planlama ve öbür üst düzeyli zihinsel ödevleri yerine getiriyor olabilirler. Ön bölgedeki küçük bir alan (ön göz alanları) istemli göz hareketleriyle ilgili gibi.

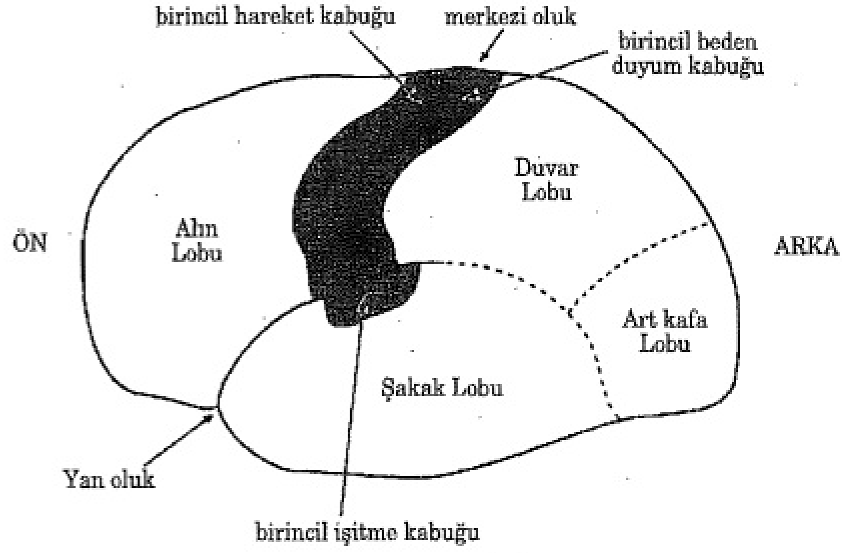
Hepimizin bildiği gibi, tuhaf bir biçimde, kabuğun sol yanı vücudun daha çok sağ yanıyla doğrudan ilgilidir.* Ama “büyük birleşek” denilen kalın bir sinir lifi demeti iki kabuk tabakasını birbirine bağlar. İnsan büyük birleşeğinde her iki yönde giden yarım milyar kadar sinir lifi vardır.

*Koku alma duyusu bu kurala uymaz. Burnun sağ yanı beynin de sağ yanıyla bağlantılıdır.



Şekil 26. Gall'ın düşüncelerine dayanarak insan beynindeki işlevlerin yerlerini gösteren on dokuzuncu yüzyıldan kalma tamamıyla hayali bir harita.

İnsanlara özgü dil yetisi, solakların çoğunda ve sağlaklarm hemen hepsinde beynin sol yanında bulunur. Başlıca iki bölgededir: birincisi yanda, arkaya yakın "Wernicke bölgesi" denilen yerde; İkincisi ve daha önce keşfedileni yanda, öne doğru, ana hareket bölgesine yakın "Broea bölgesi" denilen yerdedir. Bu iki bölgenin de ayrıntıları bilinmemektedir; bunun en büyük nedeni insanlardaki gibi gelişkin bir dil yetisinin hayvanlarda olmaması ve beyne ilişkin deneysel verilerin büyük bölümünün ancak hayvanlardan sağlanabilmesidir. Bu iki bölgenin yakınında, özellikle kabuğun şakak bölümünde, konuşma işleminde parmağı olan birkaç bölge daha vardır (Bkz. dokuzuncu bölüm). Bu geniş bölgelerin her birinin, Broca ve Wernieke bölgeleri de dahil, karmaşık yollardan birbirlerine bağlı çok sayıda küçük belirgin kabuk bölgelerinden oluştuğunun ortaya çıkacağına inanıyorum.



Şekil 27. İnsan beyninin dört ana lobu ve birincil duyusal bölge ile ana hareket merkezinin konumları.

Beynin sol tarafım etkileyen bir inme, yeterince şiddetliyse, vücudun sağ tarafını felç ettiği gibi konuşma yetisine de zarar verir. Ama beynin zarar görmemiş olan sağ tarafı hâlâ küfür edebilir, hatta şarkı söyleyebilir. Ayrıca böyle bir hasta, hâlâ erkek sesini kadın sesinden ayırt edebilir. Bu yetenek, beynin sağ tarafı hasara uğrarsa kaybolabilir. Bu durumda konuşma yeteneği hiç etkilenmez ama konuşmanın müziği yitirilmiş olabilir.

Bu örnekler iki noktayı aydınlatıyor: Beyinde gerçekten de bir ölçüde bölgesellik var, ama neyin nerde olduğu tahmin ettiğiniz gibi çıkmıyor.

Beyin kabuğunun dışında, hipotalamus denilen bölge (Bkz. Şekil 23) vücuttaki pek çok işlev için elzemdir. Çok sayıda küçük bölgelerinin başlıca işlevleri vücudun açlık, susuzluk, sıcaklık, cinsel davranışlar gibi süreçlerim düzenlemektir. Hipotalamusun, kan dolaşımma çeşitli hormonlar salgılayan küçük hipofiz beziyle yakından bağlantısı vardır.

Beynin daha büyük, çarpıcı, ama daha az gerekli bir parçası da kafamn arka tarafmdaki Beyinciktir (Şekil 23). Beyincik, bazı balık türlerinde (elektrikli yılan balığı ve birtakım köpekbalıklarında) çok gelişkindir. Hareketin, özellikle de kıvrak hareketlerin denetiminde rol oynadığı

anlaşılıyor. Ama, beyineiksiz doğan bir insan yaşamını pekâlâ sürdürebiliyor. Bir başka önemli bölge de beyin sapında yer alan “ağ oluşumundur. Bu, işlevleri ancak kısmen anlaşılabilmiş, birbirleriyle yakın etkileşimli çeşitli parçalardan oluşmuştur. Genel uyanıklığı ve uykunun çeşitli evrelerini denetleyen sinir hücreleri işte buradadır. Buradaki sinir hücresi takımları, yeni kabuk da daha ön beynin çeşitli parçalarına işaretler gönderir. Örneğin “mavi nokta” denilen küçük bir nöron takımı kabuk da dahil olmak üzere, birçok yere işaretler gönderir, Buradan çıkan her bir sinir lifi, kabuğun önünden arkasına giderken yoldaki nöronlarla milyonlarca bağlantı yapar. Mavi noktanın tam olarak ne iş gördüğü bilinmiyor. Rüyalarımızın çoğunu gördüğümüz REM’li (hızlı göz hareketli) uyku aşamasında tümüyle sakin durumdadır. Kabuğun anıları uzun dönemli belleğe yerleştirebilmek için onun etkinliğine gereksinimi olabilir. REM’li uykuda çalışır durumda olmaması niçin rüyalarımızın çoğunu anımsayamadığımızı açıklayabilir.

Beyin sapının en tepesindeki bir çift oluşum, görme sistemi için önem taşır. Bunlara kurbağalar gibi alt düzeydeki omurgalılarda “görme damları,” memelilerde ise “üst tepecikler” denir. Bunlar, kurbağalarda görme sisteminin büyük bir bölümünü oluşturur, ama memelilerde (özellikle primatlarda) bu rolü yeni kabuğa bırakmıştır. Memelilerde üst tepecik göz hareketleriyle özellikle istemsiz göz hareketleriyle görevlidir,

İnsan beyni düzgün bir yapı değildir, vücudumuzun öteki bölümleri gibi. Beynin çeşitli bölgelerinin de, kalp, karaciğer, böbrekler ve pankreasınki gibi belirgin işlevleri vardır.

Vücudun parçaları ayrı ayrı da olsalar birbirleriyle yakından ilişkilidirler. Karaciğer “kan organı”dır ama kanı kalp pompalar. Böylesi etkileşimler beyinde de bulunur. Hareket denetimi yalnızca omuriliği değil, daha yukarıdaki birçok bölgeyi de, örneğin kabuğun hareket bölgesini, çizgili cismi ve beyinciği de ilgilendirir. Görme işinde, her ne kadar başka başka ödevleri olsa da, hem üst tepecik, hem de görme kabuğu ve talamusun görme bölgeleri çalışmaktadır.

Vücuttaki hemen bütün organların başlıca işlevlerini ve genel anlamda, her organın bu işlevi nasıl yerine getirdiğini oldukça iyi biliyoruz. Bunlardan bir ya da ikisi hakkında bu türden bilgimiz çok yeni. Biyoloji

araştırmalarıma başladığım kırklı yılların sonlarında timusun işlevi bilinmiyordu ve bağışıklık sistemimizde anahtar rolü oynadığı akla bile gelmemişti. Açıkçası ben de timusu, elverişli bir DNA kaynağı olarak buzağı timusu kullanıldığı için öğrendim. Maalesef beynin değişik bölümlerine ilişkin bilgilerimiz hâlâ çok ilkel düzeyde. Talamusun, ya da çizgili cismin, ya da beyinciğin tam olarak işlevleri nelerdir? Genel anlamda işleyişlerinin ana hatlarını gözlemleyebiliyoruz ama ayrıntılı bilgi ufukta yok henüz. Hippokampm ne yaptığı konusunda kabaca bir fikrimiz var ama kesin işlevi konusunda bir ortak görüş yok. Bunların tümü ortaya çıkarılmayı bekliyor.

Beynin kuşbakışı neye benzediğini gördükten sonra, şimdi daha aşağılara, onu oluşturan anahtar bileşenlere, sinir hücrelerine bir bakalım.

VIII. Bölüm Nöron

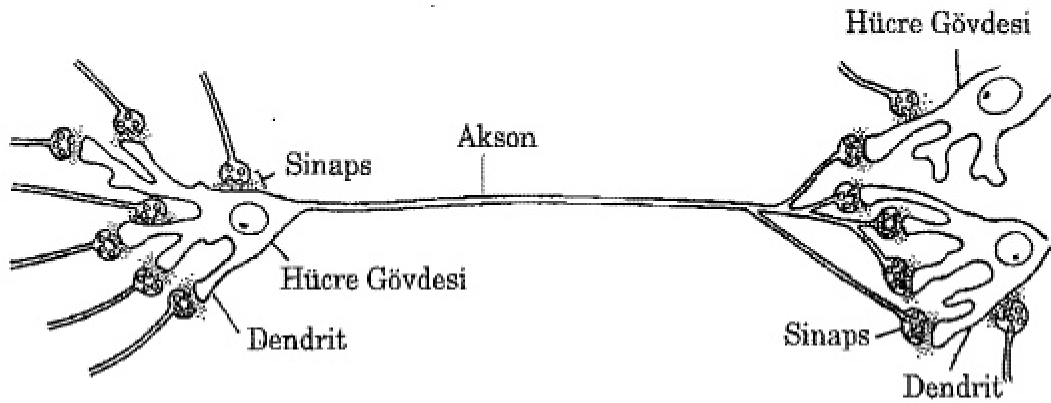
Beynin işlevi, onun temel öğeleri olan sinir hücrelerinin işlevinden tümüyle bağımsız düşünülemez.

İdan Segev

Şaşırtan Varsayım, “Siz”in üç aşağı beş yıkan engin bir nöron kalabalığının davranışı olduğunuzu vurguladığına göre, nöronların neye benzediklerini ve ne yaptıklarını kabaca da olsa bilmeniz önemlidir. Aslında çok sayıda değişik türleri bulunmasına karşın, nöronların çoğu ortak bir plana göre yapılmışlardır. *

Tipik bir omurgalı nöronu (Bkz. Şekil 28), hücre gövdesi ve dalları dendritleri üzerine dış kaynaklardan gelen elektrik darbelerinden üç biçimde etkilenir. Gelen darbelerden bazısı nöronu uyarır, bazısı bastırır, geri kalanı da davranışında değişikliğe yol açar. Nöron yeterince uyarıldığında çıkış kablosundan (aksonundan) aşağı bir elektriksel işaret (darbe) göndererek tepkisini gösterir (ateşler). Bu tek akson üzerinde çok sayıda dallar olur genellikle. Aksondan inmekte olan elektrik işareti dallara ve altdallara ve sonunda başka nöronlara ulaşarak_onlarm davranışını etkiler.

Demek ki nöronun asıl işi bu. Çok sayıda başka nöronlardan genellikle elektrik darbesi biçiminde gelen verileri alır. Yaptığı iş bu girdilerin karmaşık ve dinamik bir toplamını yapmak ve bu bilgiyi aksonundan aşağı göndererek bir dizi elektrik darbesi biçiminde çok sayıda başka nörona iletmektir. Nöron, bu etkinlikleri sürdürmek ve molekül sentezlemek için de eneıji kullanır ama başlıca işlevi işaret alıp işaret göndermek, yani bilgi alışverişidir. Benzer biçimde, bir politikacı da bir yasa tasarısına evet ya da hayır oyu vermesini isteyen seçmenleri tarafından bilgi bombardımanına tutulur. O da tasarıyı oylarken bu bilgileri değerlendirmelidir.



Şekil 28. "Tipik" bir omurgalı nöronunun şematik gösterimi. Elektrik işaretleri dendritlerden girip aksondan çıkarlar. Buna göre, yukarıdaki şekilde bilgi soldan sağa akmaktadır.

*Bizim gibi omurgalılarda bulunan "tipik" nöron üzerinde duracağım, omurgasızlarmki (böceklerdeki gibi) biraz farklıdır.

Ortalık sakinken nöron, aksonundan aşağı oldukça yavaş ve düzensiz olarak "zemin" hızında, genellikle 1 ile 5 Hertz arasında (1 Hertz saniyede bir darbe demektir), darbeler gönderir. Bu sürekli "sinirli" etkinlik nöronu uyanık tutar ve gerektiğinde hemen daha şiddetli ateşlemeye hazır bulundurur. Çok sayıda uyarıcı işaretler gelip nöronu uyardığında, ateşleme hızı çok artarak 50100 Hertz ve daha yukarılara çıkar. Hatta kısa süreler için ateşleme hızı 500 Hertze ulaşabilir (Bkz. Şekil 29). Saniyede beşyüz darbe çok hızlıymış gibi gelebilir, ama rahatça milyonlarca katı hızda çalışabilen bilgisayarlarla karşılaştırıldığında kağnı arabası gibi yavaş kalıyor. Nörona aşırı miktarda bastırıcı işaretler gelirse, çıkış darbeleri normal zemin

hızından daha az sıklıkta olabilir, ama bu eksilme çok küçük olduğundan bilgi değeri azdır. Nöronlar, aksonlarından aşağı tek bir tür işaret gönderebilirler, yanı “negatif[5] darbe yoktur. Ayrıca, bu elektrik işaretleri tek yönde akarlar, hücre gövdesinden akson uçlarına doğru.*

*Yapay yollarla, işaretlerin aksi yönde (antidromik) gitmesi de sağlanabilir,

Peki nöronun ayrıntılı yapısı nasıldır? Birçok yönüyle insan ya da hayvan vücudunda bulunan öbür hücreler gibidir. Genleri, hücrenin çekirdeği denilen özel yapının içindeki kromozomlar saklı biçiminde paketlenmiş DNA’dan yapılmıştır. Hücrede, içlerinde kendi DNAlarını taşıyan, örneğin “hücrenin güç merkezi” mitokondri gibi başka özel yapılar da vardır. Vücuttaki hemen her hücrede* biri anneden biri babadan gelen kalıtsal bilginin iki kopyası bulunur. Her bir takımda çok sayıda, belki yüz bin kadar** farklı gen vardır. Bu genlerin hepsi her hücrede etkin durumda değildir. Örneğin bazıları karaciğerde daha etkin, bazıları ise kaslarda daha etkindir. Beynin çeşitli parçaları bir arada ele alındığında, beyinde herhangi bir organdan daha çok genin etkin olduğu düşünülmektedir.

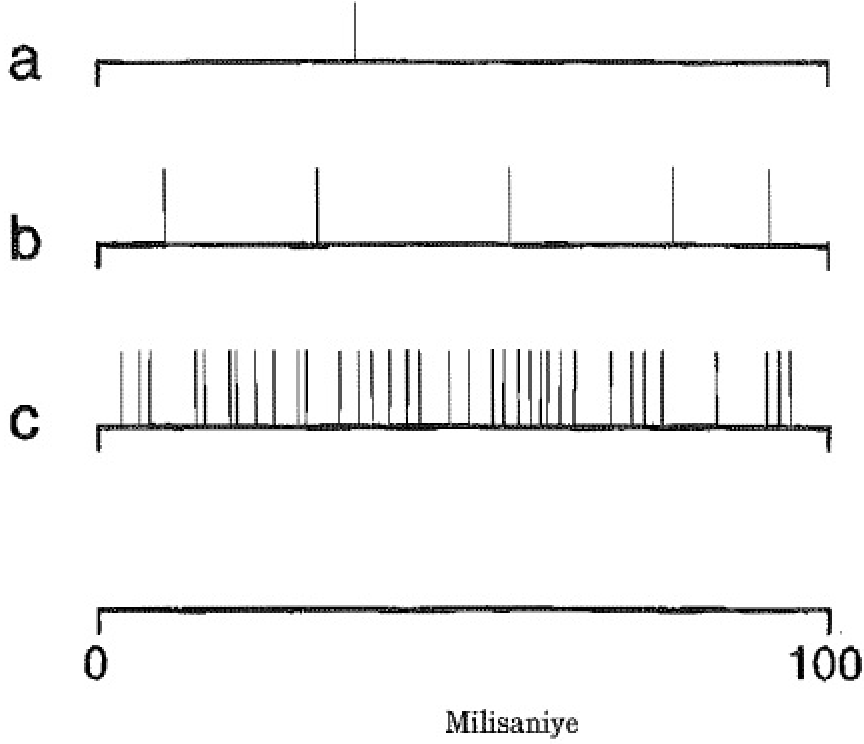
Bu genlerin çoğu belli bir proteinin sentezlenmesine ilişkin reçeteyi bulundurmaktadır. Hücreleri birer fabrika olarak düşünürsek, proteinler fabrikanın çalışmasını sağlayan hassas ve eli çabuk tezgâhlarıdır. “Tipik bir protein”in hacmi, hücrenin milyarda birinden oldukça daha küçük olduğundan optik mikroskopla görülemez, ama şekli (atom yapısının ince ayrıntıları değil) elektron mikroskopuyla bazen görülebilir. Her bir proteinin kendine özgü, özgül bir biçimde birbirlerine bağlı binlerce, on binlerce, hatta yüz binlerce atomdan kurulu belirli bir molekül yapısı vardır. Yaşamın anahtar molekülleri atom düzeyinde bir hassaslıkta kuruludur.

Hücrenin içindekilerin tamamı, bu incelikli düzeneğin kendisinin ve ürünlerinin hücrede kalmasını sağlayan, akışkan lipit (ya da kısmen yağlı) bir zarla çevrelenmiştir. Bu zardaki belli proteinler, çeşitli moleküllerin hücreye giriş ve çıkışlarım denetleyen hassas kapılar, ya da pompalar gibi çalışırlar. Hücrenin kendisinin de yine organik moleküllerden yapılmış incelikli denetim düzenekleri vardır. Bunlar hücrenin üremesini ve vücuttaki öteki hücrelerle verimli bir biçimde etkileşmesini sağlar. Özetle

hücre, milyarlarca yılda doğal ayıklanma ile evrimleşmiş çok küçük boyutta bir kimyasal mucizedir.

*Alyuvarlar bu kuralın dışındadır.

**Daha kesin bir rakam verilemiyor henüz ama 2000 yılma doğru bileceğiz.



Şekil 29. Tek bir nöronun ateşlemesi. Her bir dikey çizgi bir darbeyi gösterir. a) Nöron zemin hızında ateşliyor, b) Belli bir girişe tepki göstererek ortalama bir hızda ateşliyor, c) Olabildiğince hızlı ateşleyerek tepki gösteriyor. Zaman ölçeğine dikkat ediniz.

Nöronlar öteki hücrelerimizin çoğundan oldukça farklıdır. Olgun nöronlar yerlerinden oynamazlar ve normal olarak toparlanıp bölünmezler. Olgun bir nöron öldüğünde (çok ender kuraldışılıklar dışında) yerini bir yenisi almaz. Nöron çoğu hücreye göre ince uzundur. Dendrit dallanması bir nörondan ötekine çeşitlilik gösterir, ama genel olarak nöronun birkaç ana dalı, bu dalların her birinin de birkaç altdalı olur. Hücrenin “soma” denilen gövdesi ortalama 20 mikron olmak üzere çeşitli çaplarda olabilir.*

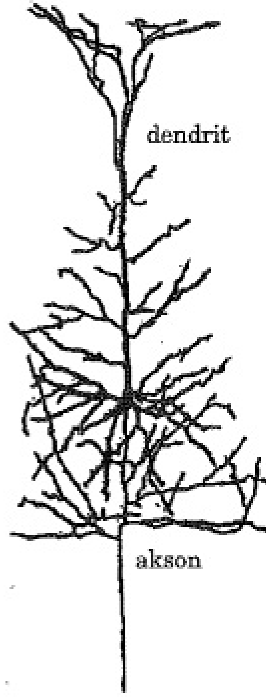
Yeni kabuğumuzda en sık rastlanan nöron türüne “piramit hücre” denir. Gövdesi genellikle piramite benzeyen bu hücrelerin tepesinde büyük bir dendrit bulunur (Bkz. Şekil 30). Başka nöronların, örneğin “yıldızsı” nöronların, her yönde dalları vardır (Bkz. Şekil 31).

Hacmi bir bakteri hüeresininkinden, örneğin E. eoZi’den yaklaşık bin kat büyüktür.

Nöronun aksonu (çıkış kablosu) çok uzun olabilir bazı durumlarda, omuriliğinizdekiler gibi, bir metreyi geçer; yoksa ayak parmaklarınızı oynatamazdmız (Unutmayın ki nöronun çapı 30 mikronu pek geçmez). Üzerinde miyelin olmayan aksonun çapı çok küçüktür; 0,1 ile 1 mikron arasındadır. Ancak bazı aksonlar, elektrik akımının daha hızlı iletilmesini sağlayan yağlı bir kılıf (miyelin) ile kaplıdır.

* * *

Aksondaki darbe telden geçen elektrik akımına benzemez. Metal bir telde akım elektron bulutuyla taşınır. Nöronda ise elektrik olayı, yüklü atomların (iyonların) hücrenin yalıtkan zarındaki proteinden yapılmış molekül kapılarından içeri ve dışarı gidip gelmelerine dayanır. İyonlar girip çıktıkça hücre zarının iki yanı arasındaki elektrik geriliminde (voltajında) yerel değişimlere neden olurlar. Akson boyunca ilerleyen işte bu gerilim değişimidir. Bu işaret enerji kullanılarak yenilenir. Bu nedenle aksondan aşağı yol alan darbenin şiddeti azalmaz, başlangıçtaki biçimini ve büyüklüğünü koruyarak sonuna kadar gider. Bu özelliği, darbenin uzun bir yol katettikten sonra bile aksonun ucundaki nöronları etkileyebilmesini sağlar.



Şekil 30. Önemli bir nöron türü olan piramit hücre. Bu şekil yüzyıl kadar önce İspanyol sinir anatomicisi Cajal tarafından çizilmiş.

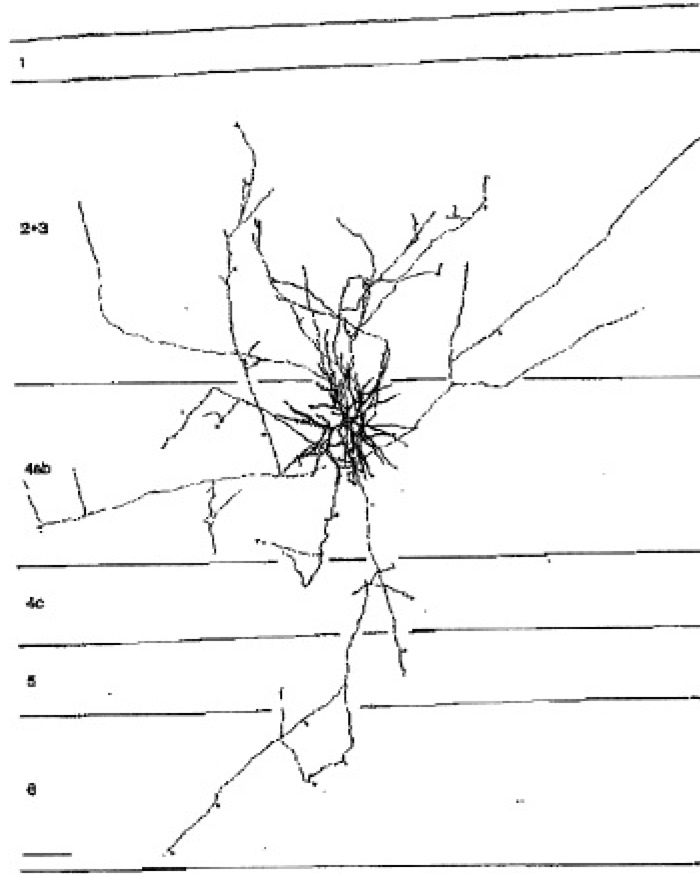
.

Ondokuzuncu yüzyılda, çok yanlış olarak bu darbenin ölçülemeyecek kadar hızlı yol aldığı, belki de ışık hızında gittiği varsayılıyordu. Sonunda bu hız Helmholtz tarafından geçen yüzyılın ortalarında ölçüldüğünde çok ender olarak saniyede 100 metreye ulaşabildiği bulundu. (Ses dalgalarının havadaki hızının üçte biri bile değil.) Birçok kişi, Helmholtz'un babası bile, bu sonuca şaşıp kaldılar. Üstelik miyelinsiz bir aksondaki darbe saniyede ancak ortalama 1,5 metre gidebiliyordu. Bu hız çok düşük gelebilir (bisikletten bile yavaş) ama bir milisaniyede 1,5 milimetre ediyor.

Aksonun uçlarına hücre gövdesinden moleküller sağlanması gerekir, çünkü bütün genler ve protein üreten biyokimyasal donanımın hemen hemen tamamı aksonda değil hücre gövdesindedir. Bunu yerine getirmek üzere akson boyunca her iki yönde düzenli bir molekül akışı vardır, özel bir güçlü optik mikroskop yardımıyla bu olay filme alınıp hızlı gösterildiğinde oldukça çarpıcı bir görüntü izlenir: küçücük parçacıklar birbirlerini çiğnereesine ilerlemeye çalışıyorlar, kimi kocaman aksondan aşağı inerken kimi yukarı çıkıyor. Bazıları öbürlerinden daha hızlı gidiyor gibi, ama bn akışın en yüksek hızda olam bile akson darbesine göre çok daha yavaş.

Doğal olarak bir de bu taşıma işini yönlendirecek ve buna güç sağlayacak özel bir molekül aygıtına gerek var.

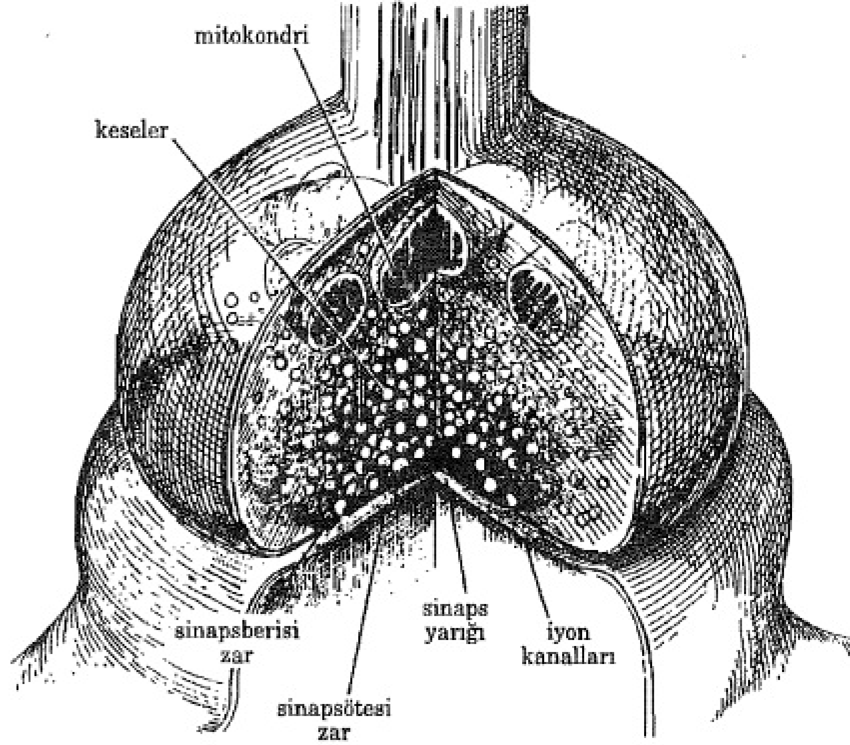
Klasik görüşe göre nöronların giriş kabloları dendritler “edilgen”di. Yani dendrit üzerinde bir yerden başka bir yere yayılan gerilim değişimi, bu işte rol alan iyonların zardan sızıp gitmelerinden ötürü azalmaktaydı; tıpkı transatlantik kabloda binlerce kilometre yol katederken şiddetini yitiren telgraf işaretleri gibi. Bu nedenle normal dendritler aksonlardan kısadır, genellikle birkaç yüz mikron uzunluğundadır. Oysa şimdi bazı nöronların dendritlerinde aksondaki gibi etkin süreçlerin olduğu sanılıyor, ama bunlar herhalde aksonlardakilerin tam olarak aynısı değildir.



Şekil 31. "Dikenli yıldız" denilen bir başka nöron türü. İnce çizgiler aksonunun çok sayıdaki dallarını gösteriyor. Kalın çizgiler dendritleri temsil ediyor. Soldaki rakamlar beyin kabuğunun bir keşitine baktığımızda göreceğimiz farklı kabuk katmanlarını tanımlıyor.

Böylece darbe aksondan aşağı inip bir “sinaps”a, yani bir nöronla öbürü arasındaki özel bitişme yerine ulaşır. Bir nöronun dendritleri ve soması üzerinde çok sayıda sinapsı vardır. Küçük bir nöronda beşyüz tane, büyük bir piramit hücrede ise yirmi bin tane kadar sinaps bulunabilir. Yeni kabuktaki nöronlarda ortalama altıbin sinaps vardır. Darbenin kendisinin ve ulaştığı nörona etkisinin elektriksel oluşu, sinapsm bir biçimde elektriksel değıne noktası olduğunu düşündürebilir. Bazı durumlarda böyle olsa da, genellikle bir nörondan ötekine iletim olayı daha çapraşıktır.

Aslında iki nöron birbirlerine değınez. Aralarında elektron mikroskobuyla çekilen fotoğraflarda açıkça görüldüğü gibi mikronun kırkta biri kadar genişlikte belirli bir aralık vardır (Bkz. Şekil 32). Bu aralığa “sinaps yarığı” denir. Darbe sinapsm “sinaps berisi” tarafına ulaştığında, yarığa “kesecikler” denilen minik kimyasal madde torbalarının boşalmasını sağlar. Bu küçük kimyasal moleküller yarık içinde hızla dağılırlar. Bunların çoğu alıcı hücrenin sinaps zarındaki molekül kapılarından birine (ya da birkaçına) gidip yapışarak bu kapıların açılıp yüklü iyonların sinapsm “sinaps ötesi” tarafındaki zardan içeri ya da dışarı akmalarına izin verirler. Boylece o zarın iki yanı arasındaki yerel gerilim de ğişmiş olur. Demek ki bu süreç içinde işaret elektrikten kimyasala ve yine elektriğe dönüşmektedir.

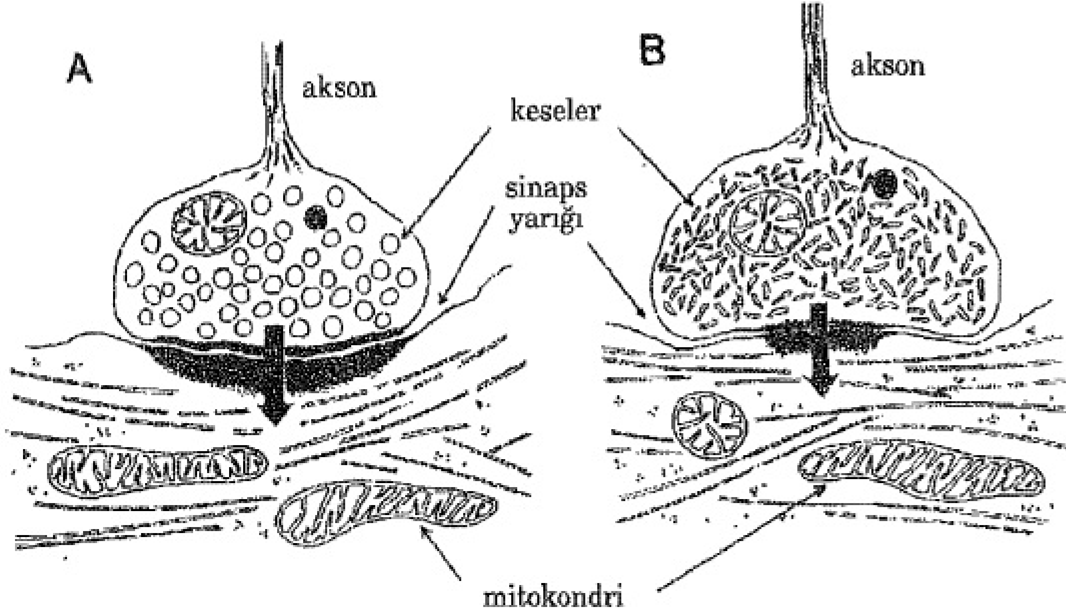


Şekil 32. İdeal biçimde çizilmiş "tipik" bir sinaps. Sinaps yarığının ne kadar dar olduğuna dikkat ediniz.

İyonların içeri mi dışarı mı akacağı, basit bir anlatımla, nöronun içindeki yoğunluklarının dışarıdakinden çok ya da az olmasına bağlıdır. Normal olarak nöronun içindeki sodyum iyonları (Na+) düşük yoğunlukta, potasyum iyonları (K+) ise yüksek yoğunlukta tutulur. Bunu sağlayan, hücrenin zarındaki Özel molekül pompalarıdır. Her iki türden iyonu da geçiren bir kapı açıldığında sodyum iyonları içeri, potasyum iyonları dışarı doğru akarlar.[10]

Sakin durumda nöron zarının iç tarafında dışarıya göre 70 mili volt kadar bir "dinlenim" gerilimi vardır. Bu gerilimi daha artı (diyelim —50 milivolt) yapan bir değişim hücrenin ateşlemesine neden olabilir; bu gerilimi daha da eksi yapan ise ateşlemeyi hepten engelleyebilir. Nöronun aksonunda bir darbe üretecek düzeyde uyarılması, (nöronun dendritleri ve gövdesi üzerinde çeşitli yerlerde bulunan uyarılmış sinapsların ürettiği) bu gerilim değişimlerinin aksonun başladığı yer yakınındaki özel bölgedeki elektrik gerilimini nasıl etkilediklerine bağlıdır.

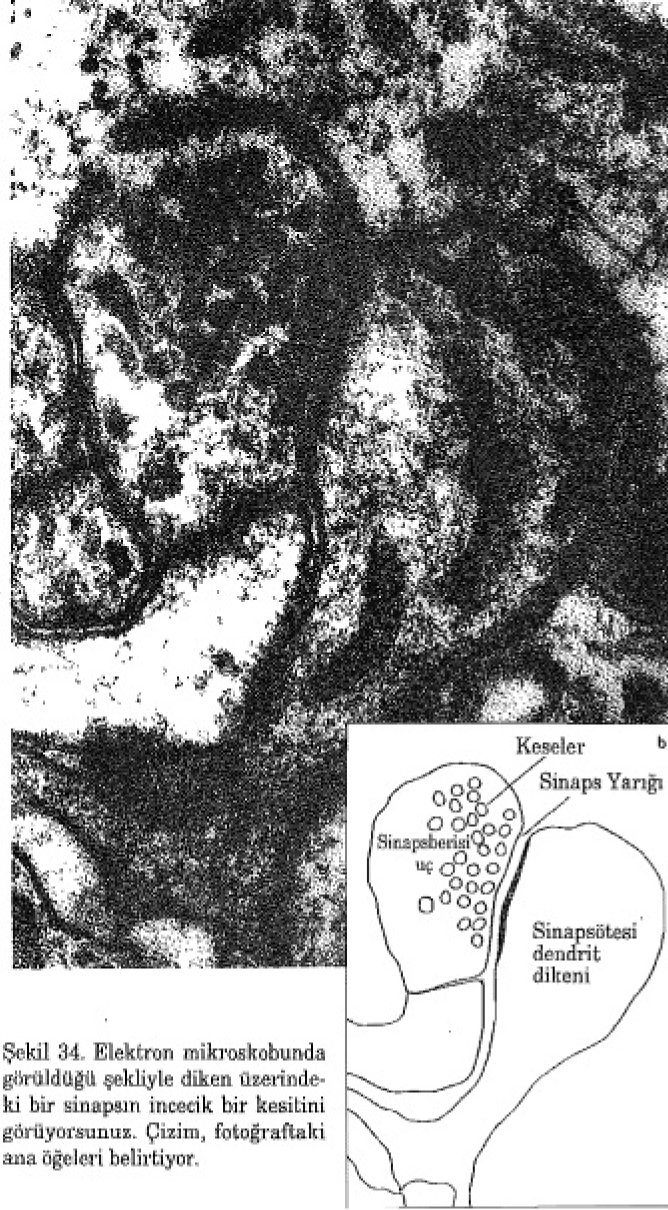
Sinapsa biraz daha yakından bakalım (Bkz. Şekil 33). Beyin kabuğunda, elektron mikroskobuyla ayırt edilebilen, başlıca iki türden sinaps bulunur: 1. Tür ve 2. Tür.[11] Genellikle 1. Türden sinapslar alıcı nöronu uyarırken 2. Türden sinapslar bastırırlar.



Şekil 33. Beyin kabuğunda bulunan başlıca iki sinaps türü: A, 1.Tür (uyarıcı); B, 2. Tür (bastırıcı). Her iki şekilde de akson üstte, dendrit altta ve sinaps yarığı ikisi arasındadır. Oklar işaret akışının yönünü gösteriyor: sinapsberisindeki aksondan sinapötesindeki dendrite doğru.

Beyinde en çok rastlanan türden uyarıcı sinapslar dendrit çubuklarının tam üstünde değil de onlardan çıkan, “diken” denilen kısa ince dalların üzerindedirler (Bkz. Şekil 34). Tek bir dikenin üzerinde birden fazla 1. Türden (uyartıcı) sinaps bulunmaz, ama bazı dikenlerde 2. Türden (bastıncı) bir sinaps daha olabilir. Şekil 34’te görüldüğü gibi diken, dendrite boynundan bağlı bir sürahiyi andırır. Genellikle hafifçe yassılmış kabaca bir küreye benzeyen bir kafası ve ince silindirik bir boynu vardır. Sinaps bu kafanın üzerinde bulunur ve hücrenin başka yerlerinde olup bitenlerden uzaktadır. Gönderen akson ile alıcı diken kafası arasındaki sinaps yarığından gelen nöroileten molekülün, üzerindeki özel bir noktaya oturmasıyla açılan iyon kapıları da dahil olmak üzere, çok sayıda alıcılar vardır sinapsta.

Diken öylesine incelikli bir yapı ki, işlevini tümüyle anlamaktan çok uzağız. Kanımca diken, gelen işaretin son derece ileri bir düzeyde işlenebilmesini sağlayan önemli bir evrimsel icat.



Şekil 34. Elektron mikroskobunda görüldüğü şekliyle diken üzerindeki bir sinapsın incecik bir kesitini görüyorsunuz. Çizim, fotoğraftaki ana öğeleri belirtiyor.

Nöronu çevreleyen lipit zarındaki çok sayıda protein molekülü türlerini tanımlamaya girişmeyeceğim. Bunların nöroileten moleküller tarafından etkin hale geçirilenlerine "alıcı" denir.* Yeni kabuğumuzdaki ana uyarıcı nöroileten molekül, "glutamat" denilen oldukça sıradan küçük bir organik moleküldür. îki ana iyon kanalı sınıfı bulunmakla birlikte (gerilime duyarlı olanlar ve yalmzca belli bir nöroiletene duyarlı olanlar), en ilginç olanı,

“NMDA kanalı”* denilen üçüncü bir kanaldır. Bu kanal, hem gerilime, hem de “glutamat”a** duyarlıdır.[1] Daha kesin konuşmak gerekirse, zardaki yerel gerilim dinlenim düzeyinde ise, glutamatm varlığında bile çok ender açılır. Ancak eksi işaretli bu gerilim azalırsa (dendrit üzerinde yakınlardaki başka uyarıcı sinapslarm etkinliğinden dolayı diyelim), glutamatm varlığı kanalı açar. Böylelikle, NMDA kanalı sinapsberisi etkinlikle (gelen aksonun glutamat salması) sinapsötesi etkinliğin (zarda öteki girişlerin oluşturduğu yerel gerilim değişimleri) arasındaki bir ilişkiye tepki göstermektedir yalnızca. Bu, ileride göreceğimiz gibi, beyin işlevinin temel bir özelliğidir.

*Bazıları yalnızca zarm iki yanı arasındaki voltajın değişimlerine tepki gösterir. Öbürleri ise belli bir küçük molekülün bir nöroileten o proteinin zar dışındaki ucuna gelip konmasına tepld gösteril’. Bazı proteinlerde, çabucak açılıp iyonların geçmesine izin veren iyon kanalları vardır, bazılarında ise hiç yoktur. Bunlar hücre içinde dolaylı yollarla (zor anlaşılır biçimde “ikinci ulaklar” denen) yavaş etkiler oluştururlar.

NDMA glutamat kanalı açıldığında, yalnızca sodyum ve potasyum iyonlarının değil, bir miktar kalsiyum iyonunun (Ca^{++}) geçmesine de izin verir. Geçen bu kalsiyum iyonları, şimdilik ancak bir ölçüde anlayabildiğimiz karmaşık zincirleme kimyasal tepkimeleri başlatan işaret gibi görünüyor. Sonuçta sinapsm kuvveti değişiyor ve bu değişim günlerce, haftalarca, aylarca, hatta daha uzun süreler için kalabiliyor. (Bu belli bir bellek biçiminin temelini oluşturabilir onüçüncü bölümde Hebb kuralına bakınız.) İşte şimdi, bellek gibi zihinsel süreçlerin molekül olayları cinsinden açıklanmasının başlangıcındayız diyebiliriz. Deneysel bir örnek: bir farenin hippokampında bu NDMA kanallarının etkinliği kimyasal olarak durdurulursa fare biraz önce nerede bulunduğunu hatırlayamaz.

Peki bastırma olayı nasıl olabilir? Akson uçlarının bazısında uyan, bazısında bastırma oluşturan nöron var mıdır? Oldukça şaşırtıcı gelecek ama yeni kabukta böylesi nöronlar yoktur (ya da çok çok az bulunur). Daha kesin söyleyeyim, belli bir nöronun akson uçlarının hepsi ya uyarıcıdır, ya da bastırıeıdır; karışık biçimde bulunmazlar. Gördüğümüz gibi uyarıcı sinapslar nöroileten olarak glutamatı kullanıyorlar. Bastıncı olanlar ise aym aileden, GABA* denilen küçük bir molekül ile iş görürler. Yeni kabukta nöronların yaklaşık beşte biri GABA salar.**

*Bu tür alıcıyı belirleyen genlerin tümü takım halinde saptanmıştır.

**Glutamat protein yapmaya yarayan yirmi amino asitten biridir. Özellikle Çin mutfağında, yemeklere tat vermek için kullanılır.

Sinap şiardaki iletimin genellikle elektrikle değil de kimya yoluyla olmasının önemli bir sonucu, küçük ve Özel olarak biçimlendirilmiş moleküllerin son derece az yoğunluklarda bile bu iletimi bozabilmesidir. İşte bu nedenle LSD’nin çıldırtıcı etkisi için 150 mikrogram kadar bir doz yetebilmektedir. Yine bu nedenle bir biçimde nöroiletim işlevinin yerine getirilemememesine bağlı depresyon gibi akıl hastalıklarının tedavisinde bazı durumlarda ilaçlar iş görmektedir. Örneğin uyku ilaçlarındaki (benzodiyazepin ailesinden) kimyasal maddelerin GABA alıcılarına bağlanıp GABA’nın etkisini artırdığı bilinmektedir. Sinapslardaki bastırıeılığın artması uykuyu teşvik eder. Libriyum ve Valyum gibi benzodiyazepinli yatıştırıcılar da aynı biçimde davranırlar.

Uyarma ve bastırma düzenekleri, bazı kuramsal modellerde varsayıldığı gibi yeni kabukta simetrik biçimde yerleşmemişlerdir. Bir kabuk bölgesinden uzaktaki başka bir bölgeye bağlantıları sağlayan yalnızca piramit hücrelerdir ve bunların hepsi uyarıcıdır. Bastıncı nöronların çoğunun aksonu oldukça kısadır ve ancak o yöredeki nöronları etkileyebilir.*** Nöron türlerinin hiçbirinin (çok az bulunan biri dışında), biri uyarı, öteki bastın üreten birbirine benzer iki biçimi yoktur. Bu düzenleme en az iki yönüyle simetrik değildir: Nöron eksi darbeler gönderemez ve nöronların uyarı ve bastın üreten türleri oldukça farklıdır. Bununla birlikte nöronların hepsi, uyarı ve bastırıyı alır; herhalde tümüyle uyuşuk kalmalarım, ya da tersine, delirmelerini engellemek için.

*Başlıca iki tür GABA alıcısı vardır. A türü GABA ldorür (Cl‘) iyonlarına geçirgen hızlı bir iyon kanalı iken B türü GABA alıcıları ikinci ulak sistemiyle çalıştıklarından daha yavaş tepki gösterirler,

**01gun yaştayken böylesi nöronların dendritleri üzerinde az sayıda diken bulunur, bazen de hiç bulunmaz. Sinapsları doğrudan doğruya dendritleri ve gövdeleri üzerindedir. Genellikle, uyartıcı dikenli nöronlardan daha hızlı ateşlerler. Birbirlerinden hayli farklı birçok bastıncı nöron türü vardır;

ama onların hepsini burada anlatmak konuyu çok dağıtırdı.

***Yalnızca “sepet hücre” denilen bir tür nöron, bastıncı işaretlerini aynı kabuk bölgesinde kalmak üzere, biraz daha uzakça yerlere gönderebilir.

Yeni kabukta başlıca iki nöroileten var: uyarma için glutamat (ya da çok yakını bir molekül) ve bastırma için GABA, Maalesef iş bu kadarla bitmiyor, daha bir sürü nöroileten var. Beyin sapının beyin kabuğuna kadar uzanan nöronları, serötonin, norepinefrin ve dopamin gibi iletenler kullanırlar. Beyindeki başka nöronlar da asetilkolin kullanır. Bastırıcı hücrelerin yaklaşık beşte biri de normal GABA ile birlikte “peptit” denilen biraz daha büyük organik moleküller de salar. Bu iletenlerin çoğunun oluşturdukları etki, glutamat ve GABA’dan daha yavaştır. Genellikle nöronu doğrudan ateşlemeyip, onun ateşleme davranışını değiştirirler. Bu iletenler büyük bir olasılıkla hızlı işlemlerle el değiştiren devasa miktarda bilgiyle uğraşmayıp, beyin kabuğunu uyanık tutmak, ya da birşeyin anımsanması gereken zamanı bildirmek gibi daha genel süreçlerin işlemesine katkıda bulunmaktadırlar.

Yalnızca nöroiletenler çeşit çeşit olmakla kalsa iyi (yalnızca ikisi işin çoğunu üstlenmişse de); üstelik kanallar da çok çeşitlidir. En azından yedi tür potasyum kanalı vardır, bunların çoğu da sık rastlanan cinstendir.* Bazıları hızla açılır, bazıları daha yavaştır. Bir kez açıldıktan sonra bazıları hızla kapamr, bazıları yavaş kapanır. Bazıları akson boyunca giden darbeyi oluşturmaya yarar, bazılarının ise somada ve dendritlerde daha az belirgin etkileri vardır. Belli bir nöronun gelen işaretlere tepkisini hesaplayabilmek için o nörondaki bütün bu kanalların özelliklerini ve dağılımlarını bilmemiz gerekmektedir.

Değişik nöronlar değişik biçimlerde ateşlerler. Kimi çabuk çabuk ateşler, kimi ise daha yavaş. Bazısı tek tek darbelerle ateşler, öbürleri ise birden fazla darbeden oluşan patlamalar şeklinde. Bazı durumlarda aym nöron, uyarılma durumuna ve hemen önceki davranışına bağlı olarak bu iki üsluptan birinde ateşleyebilir. Nöronlar, hayvan yavaş dalgalı uykuda (derin ve rüyasız uyku durumu) iken, daha çok beyin sapındaki nöronların talamus ve yeni kabukta oluşturdukları etkiden dolayı, uyanıkkenkinden farklı

ateşlerler. Eninde sonunda her tür nöron için bu süreçleri enine boyuna anlamamız gerekecek.

*Örneğin. “Ic” denilen potasyum kanalı kalsiyum iyonlarının (Ca**) içerdeki yosunluyla açılıp kapanır.

Dışarıdan bakıldığında nöronun düş kırıklığına uğratacak denli basit olduğunu görmekteyiz. Gelen çok sayıda elektrik işaretlerine kendi ürettiği elektrik darbesi dizileriyle tepki gösteriyor. Ancak tam olarak nasıl tepki gösterdiğini, bu tepkinin zamanla ve beynin öbür parçalarının içinde bulunduğu durumla nasıl değiştiğini incelemeye kalkıştığımızda nöronun davranışının içsel karmaşıklığı boyumuzu aşıyor. Şurası açık ki bu ldmyasal ve elektrokimyasal süreçlerin tümünün nasıl etkileştiklerini tam olarak anlamamız gerekiyor. Sonra bu bilgileri yaklaşık da olsa, işlenebilir bir hale sokmak için özümlemeliyiz. Özetle, değişik nöron türleri için basit modeller gerekli; ne anlaşılamayacak denli çapraşık olmalı bu modeller, ne de önemli Özellikleri atlayacak ölçüde basit. Söylemesi kolay! Tek bir nöron oldukça aptal görünebilir, ama bu görüntünün ardında nice incelikler yatmaktadır.

Nöronun özelliklerinden biri şimdiden yeterince açık. Tek bir nöron değişik hızlarda ve bir ölçüde değişik üsluplarda ateşleyebiliyor. Yine de bunlarla belli bir sürede ancak sınırlı miktarda bilgi gönderebilir. Ama bu süre içinde çok sayıdaki sinapslarından gelebilecek bilgi miktarı çok fazla. Bu süreçte girişinden çıkışma bilgi yitiyor olmalı, en azından tek başına bir nöronu göz önüne aldığımızda. Bu kayıp, her nöronun girişlerinin belli bileşimlerine tepki göstermesi ve bilginin bu yeni biçimini tek bir yere değil de bir çok yere göndermesiyle karşılanır. Şöyle ki, nöronun aksonundan aşağı ilettiği darbe dizisi, çok sayıda sinapsa hemen hemen aynı biçimde dağılır, çünkü akson birçok dala aynlır. Bir nöronun sinapsma gelen işaret aynı zamanda çok sayıda başka nörona da gelmektedir. Bütün bunlardan çıkarılacak başka sonuçlar olmasa da, en azından, tek bir nöronu ele alamayacağımız anlaşılır. Göz önüne almamız gereken şey, çok sayıda nöronun birleşik etkisidir.

Bir nöronun ötekine anlattığının basitçe uyarılma miktarından başka bir şey olmadığını kavramamız önemli.* Bu işaretler alıcı nörona normal olarak başka bilgi örneğin verici nöronun nerede bulunduğunu aktarmaz.**

İşaretlerin taşıdığı, genellikle dış dünyadaki belli olaylara ilişkin (örneğin gözdeki ışık duyargalarına gelen) bilgilerdir.

Algılama olayında beynin öğrendikleri genellikle dış dünya ya da vücudun başka yerleriyle ilgilidir. Bu nedenle gördüğümüz şeyler bize dışımızda gibi geliyor, oysa görme işlemiyle ilgili nöronlar kafamızın içinde. Birçok kişiye bu çok tuhaf geliyor. “Dünya” vücutlarının dışında, ama bir başka anlamda (dünyaya ilişkin bildikleri) tamamıyla kafalarının içinde. Vücudunuz için de bu böyle. Ona ilişkin bildikleriniz, kafanıza bitişik yerlerde değil, kafanızın içinde!

Doğal olarak kafatasını açıp belli bir nöronun gönderdiği işaretlere bakarken, o nöronun yerini biliyoruz, oysa üzerinde çalıştığımız beyin bu bilgiden yoksun. Bu da normal olarak niçin algılarımızın ve düşüncelerimizin tam olarak kafamızın neresinde yer aldığını bilemediğimizi açıklıyor. Ateşlemeleriyle bu bilgiyi temsil edebilecek nöronlar yok ki!

Aristoteles’in bu süreçlerin kalpte yer aldığına inandığını anımsayınız. Çünkü kalbin nerede olduğunu biliyor ve aşık olmak gibi ussal süreçlerin etkisiyle davranışındaki değişimleri gözlemleyebiliyordu. Bunu insan beynindeki nöronlar için özel aygıtlar kullanmadan yapamayız. Bu ve buna bağlı başka şeyleri bir sonraki bölüme bırakıyorum.

*Ortalama ateşleme hızıyla taşman bilgiye ek olarak ateşleme düzeniyle de bir miktar bilgi aktarılıyor olabilir.

*Nöron aksonu boyunca kimyasal işaretler de gönderebilir, Bunlar bazı durumlarda nörona ilişkin başka bilgiler de taşıyabilir, ama bunların hızı çabuk bilgi iletemeyecek kadar düşüktür.

1

Büyük Birleşek kesildiğinde beynin her bir yarısının başka bir görsel nesneye dikkat edebileceğini öneren bulgular elde edilmiştir,

2

Ama belki beyin bu hareketli noktalan, şekli değişen tek bir nesnenin köşeleri olarak görmeyi öğreniyordun

3

Burada ele almayacağım başka basit anı biçimleri de var, örneğin klasik koşullandırma, uyarımsız koşullandırma ve hazırlama.

4

Daha eski zamanlarda, pek çok kişinin, Abraham Lincoln'ün vurulduğunu ilk duydukları am çok canlı bir biçimde anımsadıkları kaydedilmiş.

5

Kmmzı ve yeşil boyaların karışımı kahverengi olur, ama kırmızı ve yeşil ışık bir arada san görünür.

6

Belki de kırmızı ışığın az bir süre "farkında" olup sonra bunu çabucak tamamen unutmuş olabilaceği biçiminde felsefi açıklamalar da getirilmektedir. Ama o zaman "farkındalık" alışılmışın dışında bir anlam kazanıyor elbette. En iyisi bu soruları, böyle durumlarda beyinde tam olarak ne olup bittiğini biraz daha iyi anladığımız zamana ertelemek, •

7

Elbette görsel farkındalık üzerinde deneyler yapanların görmenin ruhbilimi ve türlü görsel algılama kuramları üzerine oldukça derin bilgiye sahip olmaları elzemdir,

8

Bütün bu karmaşık etkinliğin temelinde yalnızca birkaç ana öğrenme düzeneği yatıyor olabilir. Sonuçta bunuıı, normal gelişme sürecinde oluşan temel bağlantı örgüleri artı bu bağlantıları ve öbür sinirsel parametreleri değiştiren anahtar öğrenme algoritmaları bağlamında açıklanması beklenir.

Böylelikle, yeni kabuğun temelde çok basit bir yapısı olabilir; olgun bir beynin davranışları düzeyinde değil, ama bu anlaşılması güç davranış biçimine, iç yapısı ve dünyaya ilişkin zengin deneyimi yoluyla ulaşmasını sağlayan yöntemler düzeyinde.

Talamus sözcüğü, daha çok zifaf odası ya dayatağı anlamında kullanılan Yunanca “iç oda” sözcüğünden gelir. Talamus'un görmeyle ilişkili büyük bir bölümüne “pulvinar,’ yani yastık denir!

9

Beyin sapından ya da daha başka yayık sistemlerden gelenler dışında.

10

Bu oldukça basitleştirilmiş bir açıklama, çünkü akışlar zarm iki yanı arasındaki gerilim farkına da bağlıdır.

11

L Türden sinapslarm sinaps kesecikleri yuvarlak, 2. Türden sinapslarınlri ise çoğunlukla elips biçiminde ya da yassıdır. 2. Türden sinapslar daha simetriktir ve sinaps yarıkları biraz daha dardır.

IX. Bölüm Deney Türleri

Araştırma sanatı, zor problemlere yeni yaklaşım yolları bularak onları çözülebilir kılma sanatıdır.

Peter Medawar

Her birey kesin olarak ancak kendisinin bilinçli olduğundan emindir. Örneğin ben bilinçli olduğumu biliyorum. Sizin görünüş ve davranışlarınız da benimkine oldukça benzer görünüyor bana. Ayrıca siz de gerçekten bilinçli olduğunuza beni ikna ediyorsunuz. O halde hiç duraksamadan sizin de bilinçli olduğunuzu çıkarsıyorum. Bundan, kendi bilincimin doğasıyla

ilgileniyorsam, çabşmalanmı ille de kendi üzerimdeki deneylerle sınırlamama gerek olmadığı çıkar. Düpedüz koma durumunda değillerse, başka insanlar üzerinde de deneyler yapmam pekâlâ akla uygun olur.

Bilincin sinirsel temeline inebilmem için uyanık insanlar üzerinde ruhbilimsel deneyler yapmam yetmez. Bir yandan da insan beynindeki sinir hücreleri, moleküller ve bunların birbirleriyle etkileşimlerini incelemeliyim. Bu bilginin büyük ölçüde yapıya ilişkin bir bölümü kadavra beyninden elde edilebilir, ama sinir hücrelerinin karmaşık etkinliklerini çözmek için canlı insan beyniyle deneyler yapmalıyız. Bunun önünde aşılmaz teknik sorunlar yok, ama aşamayacağımız ahlaki çekinceler var ki bu tür deneyleri olanaksız kılmasa da son derece zorlaştırıyor.

Birçok kişi deneycinin, kafa derileri üzerine elektrotlar yerleştirip beyin dalgalarım incelemesine karşı çıkmıyor. Ama kafataslarmda geçici de olsa bir delik açılıp canlı beyin dokularına doğrudan elektrotlar sokulmasına itiraz ediyorlar. Biri gönüllü olarak çıkıp da bilimsel keşiflere öncülük edeceğim diye kafatasının kesilip açılmasına izin verse bile, hiçbir doktor böyle bir işlemi gerçekleştirmeye razı olmaz. Ya bunun Hippokrates yeminine aykırı olduğunu, ya da daha gerçekçiyse, böyle yaparsa başka birilerinin derhal hakkında dava açacağından korktuğunu söyleyecektir. Günümüz toplumunda gönüllü asker olarak yazılıp kendinizi yaralanma ve ölüm tehlikesine atabilirsiniz ama bilimi ilerletmek uğruna tehlikeli deneylerde kobaylık yapamazsınız.

Birkaç yiğit araştırmacı kendi üzerlerinde deney yapmışlardır en çarpıcı örneği İngiliz biyokimyacısı ve genetikçisi J. B. S. Haldane’dir. Hatta buna ilişkin “Kendi Kendinizin Tavşanı Olmak” başlıklı bir de makale yazmıştır. Birkaç tane de tıbbi kahramanlık öyküsü bilinir, Sör Ronal Ross’ın sıtmanın sivrisinekler tarafından taşındığını göstermesi gibi, ama bunun ötesinde insanlar bilimsel merakı gidermeye yardımı dokunabilecek deneyler için gönüllülükten ya vazgeçirilmişlerdir, ya da açıkça yasaklanmışlardır.

Bazen uyanık bir kişinin (rızası alınarak) bazı gerekli beyin ameliyatları sırasında açılan beyinleri üzerinde sınırlı deneyler yapılabilmektedir. Beyinde acı duyargası bulunmadığı için, hasta, beyninin açıktaki yüzeyine verilen hafif elektrik uyarılarından hiçbir rahatsızlık duymaz. Maalesef böyle ameliyatlar sırasında deneye ayrılabilecek zaman

genellikle pek azdır ve üstelik beyin cerrahlarından beynin ayrıntılı işleyişine bu deneylere girişecek denli ilgi gösterenler de az sayıda. Böylesi çalışmalara ilk defa bu yüzyılın ortalarında Kanadalı beyin cerrahı Wilder Penfield öncülük etti. Son yıllarda bu alandaki önder Seattle'da Washington Üniversitesi Tıp Pakültesi'nden George Ojemann'dır. Ojemann çok küçük ve kısa süreli elektrik darbeleri kullanarak, kalıcı bir etki yaratmaksızın, elektrotun hemen çevresindeki etkinliği durdurabiliyor. Çalışmalarında beyin kabuğunun konuşmayla ilgili bölgesi üzerinde duruyor, çünkü başka türlü iyileştirilemeyen saralı hastayı rahatlatmak için beyin kabuğundan bazı parçalar çıkardığında, fazla derinlere gitmeden onların hemen komşusu olan konuşma bölgesinde deneyler yapabiliyor.

Ojemann'm en çarpıcı sonuçlarından biri, İngilizce ve Yunanca konuşan bir hastası üzerindeki deneylerinden çıktı.[1] Sol yeni kabuğun yüzeyindeki belirli yerlerdeki uyanlar geçici olarak kadının bazı İngilizce sözcükleri kullanmasını engelliyor, ama Yunaneasım etkilemiyordu. Başka yerlerde ise bunun tam tersi oluyordu. Böylelikle iki dilin bazı yönleriyle değişik bölgelerde olduğunu açıkça gösteriyordu.

* * *

Çoğu amaçlar için insan beyninin etkinliği kafatasının dışından incelenebilir.* Canlı beynin görüntüsünü çıkarmak için çeşitli tarama yöntemleri vardır ama hepsinin ya uzay ya da zaman boyutunda ayrıştırma yetenekleri önemli ölçüde sınırlıdır. Ayrıca bunların çoğu oldukça pahalıya malolduğundan tıbbı nedenler dışında kullanılmamaktadır.

O halde sinirbilimcilerin genellikle hayvanlar üzerinde çalışmayı yeğlediklerine şaşırmamak gerek. Bir maymunun bilinçli olduğuna sizinki kadar emin olmasam da maymunun bir otomat (karmaşık davranışta bulunan ama bunun hiç farkında olmayan bir makine anlamında) olmadığını varsaymak akla yatkın gibi. Bu, maymunun özfarkındalığı insanınki ölçüsündedir demek değildir. Ayna karşısında kendini tanıma deneyleri, şempanze gibi bazı kuyruksuz maymun (ape) türlerinde bir miktar özfarkındalık olduğunu, ama maymunlarda hemen hemen hiç olmadığını öneriyor. Yine de, maymunun sözcüklerle anlatamasa da, bizimkinden pek farklı olmayan bir biçimde görsel farkındalığı olduğu akla uygun bir

varsayım gibi görünüyor. Örneğin makak maymunu birbirine çok yakın iki rengi ayırt edebiliyor. Deneyler, maymunun bu yeteneğinin bizimkinin yarısına yakın ölçüde olduğunu gösteriyor. Kedilerinki ise çok az (gececi olduklarından); farelerinki daha da az. Şempanze ve gorilllerin görme sistemleri üzerinde hayvana zarar verici deneyler az yapılıyor, bir kere çok pahalıya çıktığından. Deney konumuz memeli beynindeki moleküller ise, beyinleri pek çok yönden çok basit olsa bile, beyin moleküllerinin bizimkine benzerliği nedeniyle kullanılacak en uygun ve ucuz hayvan sıçan ya da fare oluyor.

*Ender tıbbi durumlarda, beyin dokusunun derinliklerine elektrotlar yerleştirmek gerekebilir. Ama birkaç elektrottan fazlası kullanılmadığından bu yolla çok sınırlı bilgi elde edilebilir.

Maymun ve öbür memelilerin insana göre bir başka avantajları da var: Şu anda, sinir anatomisi için çok daha iyi denekler. Bunun nedeni beyindeki uzun bağlantıları inceleyen hemen tüm modern yöntemlerin sinirlerde moleküllerin aşağıya yukarıya taşınmasına dayanması. Bunun için canlı hayvanın beyninin bir yerine kimyasal bir madde şırınga ediliyor ve bu yerden komşu bölgelere bağlantılar boyunca taşınmasına zaman tanınıyor (genellikle birkaç gün). Sonra hayvan acı çektirmeden öldürülüp kimyasal maddenin nere * ye gittiğini görmek için beyni inceleniyor. İnsanların böyle deneylerde kullanılmasının konu dışı olduğunu söylemem gereksiz. Bu sınırlamadan dolayı makak beynindeki uzun bağlantıların ayrıntılarım kendimizinkinden çok daha iyi biliyoruz.

İnsan beyni makak beyninin tam aynısı olmadığından bilgideki bu belirgin uçurumun sinirbilimeilere çok ciddi bir eksiklik olarak geleceğini ve hemen koşup insan sinir anatomisini incelemek için yeni yöntemler peşinde'koşacaklarını beklerdiniz. Oysa hiç de öyle değil.[2] İleriyi gören bir ya da birkaç vakfın, insan sinir anatomisindeki şu geriliği ortadan kaldırma yolunda ivedilikle yeni teknikler bulunması için araştırma programları başlatmalarının hiç kuşkusuz tam zamanıdır.

İnsanların sinir anatomisi üzerinde daha iyi çalışabilmek için yeni yöntemler bulunsa bile yine de yalnızca hayvanlar üzerinde yapılabilecek pek çok önemli deneyler var. Bu deneylerin çoğu acısız ya da çok az acı veren türden, ama bittiklerinde (bazen aylar sürebiliyor), yine acısız bir

biçimde hayvanı kurban etmek gerekiyor. Hayvan hakları hareketi hayvanlara insanca davranılmasmda ısrar etmekte kesinlikle haklı; onların çabaları sonucu laboratuvarlarda hayvanlara şimdi geçmişte olduğundan biraz daha iyi bakılıyor. Ama hayvanları yüceltmek bana aşın duygusal geliyor. Doğadaki etobur ya da otobur bir hayvanın yaşamı, insanların elindeki yaşamına göre genellikle çok daha acımasız ve kısadır. Hayvanlar da insanlar gibi “doğanın bir parçası” olduklarından aynı hakları hak ettiklerini ileri sürmek de akla uygun değil. Bir gorilin üniversiteye gidebilme hakkı olmalı mıdır gerçekten? Hayvanlara kesinkes insanlar gibi davranılması gerektiğinde ısrar etmek özgün insani yeteneklerimizi küçültücü bir düşüncedir. Şüphesiz onlara insanca davranılsın, ama onları insanlarla aynı kefeye koymak değerlerin çarpıklığını gösterir.

Maymunlar sinir anatomisi ve sinir fizyolojisi deneylerinde denek olarak yararlı olabiliyorlar; peki ne tür sınırlamalar söz konusu. Uyanık maymunlara basit ruhbilimsel testlerde ne yapmaları gerektiği öğretilebiliyor, ama bu işlem çok zahmetli. Bir makaka gözünü bir yere dikip bakmasını ve yatay çizgiler gördüğünde bîr kolu, düşey çizgiler gördüğünde başka bir kolu çekmesini öğretmek haftalar alıyor. Oysa üniversitedeki öğrencilere bunu yaptırmak ne kolay! Üstelik insanlar gördüklerini sözcüklerle anlatabiliyorlar. Hayal ettikleri şeyleri ve rüyada ne gördüklerini de. Bir maymundan bu tür bilgiyi almak hemen hemen olanaksız.

Olanaklı görünen bir strateji şu: Birtakım deneyleri insanlar üzerinde, öteki tür deneyleri ise maymunlar üzerinde yapmak. Bu, maymun beyninin bizimkiyle olan benzerliği (ya da farklılığı) üzerine yanlış çıkma tehlikesi olan bazı varsayımlar gerektiriyor. Hızlı ilerleme böylesi tehlikeleri göze almaktan geçiyor. O halde bu yolda cesaret ve de dikkatle ilerleyelim; fırsat buldukça varsayımlarımızı sınayarak.

Beyin dalgalarım incelemekte kullanılan en eski yöntem elektroansefalograf, ya da EEG doğrudan kafa derisi üzerine bir ya da birkaç büyük elektrot yerleştirilmesine dayanır. Beynin içinde elektriksel etkinlik bol miktarda var, ama kafatası kemiğinin elektriksel özellikleri bu etkinliği sezmede bir engel oluşturuyor. Tek bir elektrot on milyonlarca

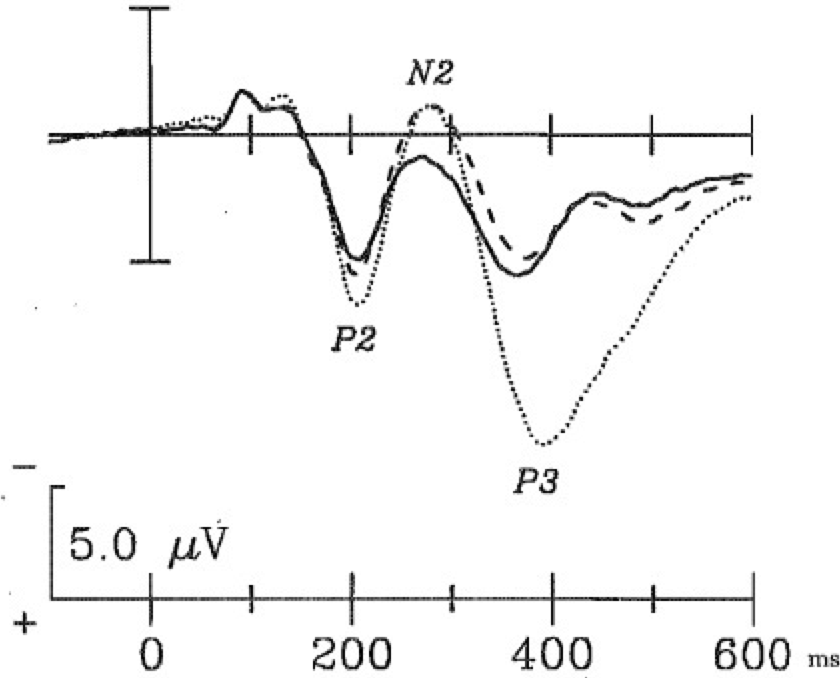
sinir hücresinin ürettiği elektrik alanından etkilenir bundan ötürü tek bir hücrenin katkısı çok sayıda komşusunun etkinliği arasında belli olmaz. Bu, insan konuşmasım yüz metrelerce yukarıdan, bir kentin üzerinden dinlemeye benziyor. Futbol maçındaki kalabalığın tezahüratım işitebilirsiniz ama hangi dilden konuştuklarını anlamada güçlük çekersiniz.

EEG'nin en büyük avantajı zaman boyutundaki ayrıştırmasının milisaniye düzeyinde, yani çok iyi olmasıdır. Böyleee beyin dalgalarının inip çıkması oldukça iyi izlenebilir. Ama belirsiz olan şey bu dalgaların neyi temsil ettiğidir. Uyamk bir beyindeki dalgaların, yavaş dalgalı uykudakinden çok farklı olduğu açıktır. REM'li (hızlı göz hareketli) uykudaki beyin dalgaları ise uyamk bir beyninkine benzemektedir. İnsan uyuyor olmasına karşın, beyninin uyamk gibi davranması nedeniyle bu tür uykuya paradoksal uyku da denir. Uykunun bu aşamasında görürüz sanrımsı rüyalarımızın çoğunu.

Beyin dalgalarını incelemede en çok kullanılan teknik, bunları herhangi bir zamanda değil, örneğin bir kulağa verilen keskin bir "tık" sesi gibi algısal bir girdinin hemen ardından kaydetmektir. Uyarıya yanıt zemindeki elektrik işaretlerine göre çok küçüktür (yani işaretin gürültüye oram çok düşüktür). Bu nedenle tek bir yanıtın kendini göstermesi çok güçtür. Olayın çok kez yinelenmesi, işaretlerin uyan am üst üste gelecek biçimde toplanarak ortalamasının alınması gerekir. Bu, işaretin gürültüye oranını artırır (gürültünün ortalaması sıfıra doğru gittiğinden) ve beynin o etkinliğine ilişkin dalgalarının deneyle tekrarlanabilen tipik bir örneği elde edilebilir. Örneğin, bu eğrilerde oldukça sık rastlanan bir tepeye P3Ö0 denir P pozitifi (artıyı), 300 de işaretin başladığı andan tepeye olan 300 milisaniyelik süreyi belirtmektedir (Şekil 35'e bakınız). Bu yanıt genellikle şaşırtıcı ya da dikkat çeken bir şeye karşılık gelmektedir. Ben bunun büyük ölçüde, beyin sapından beynin daha yukarıdaki bölümlerine olayın bir biçimde anımsanması gerektiği yolunda bir işaret olduğunu tahmin ediyorum.

Maalesef, olaya ilişkin bu gerilimleri (voltajları) üreten etkinliklerin yerini belirlemek zor. Probleme matematik açıdan yaklaşırsak, her bir sinir hücresinin elektriksel etkinliğini biliyorsak, kafa derisinin herhangi bir yerindeki elektrotun üzerindeki etkisini de hesaplayabiliriz. Maalesef tersini

yapmanın bir yolu yok yani elektrotlardaki etkiden yola çıkıp beynin her yerindeki elektriksel etkinliği hesaplayanlayız. Beyin etkinliği, kafa derisi üzerinde aynı elektriksel işareti oluşturmak üzere neredeyse sonsuz değişik biçimde dağılmış olabilir. Yine de, ayrıntılarını bulamasak da, etkinliğin nerede çok olduğuna ilişkin bilgi edinmekte yarar var. En çok etkinliğin nerede olduğunu bulabilmek için kafa derisinin üzerine çeşitli yerlere çok sayıda elektrot koyabiliriz. Hangi elektrot daha büyük bir işaret gösteriyorsa, diğerlerindeki önemsiz derecede küçük olmak koşuluyla, etkinliğin ona yakın bir yerde olduğunu çıkarabiliriz. Maalesef uygulamada durum daha karmaşık.*



Şekil 35. Ortalama uyarılmış potansiyelin değişik bileşenlerini gösteren eğriler. P300 bileşeni P3 ile gösterilmiş. Sonuçlar üç olay türüne ait: öne çıkmayan hedef (kesiksiz çizgi), öne çıkmış ama hedef olmayan (kesikli) ve öne çıkmış hedef (noktalı). Sonuncusu için büyük bir P300'ün kaydedildiğine dikkat ediniz.

Şimdilerde kullanılmakta olan bir yaklaşık yönteme göre, beyinde bu elektrik işareÜemıin çoğunu üreten diyelim ki dört merkez bulunmaktadır. O halde matematik yöntemlerle bu merkezlerin yaklaşık yerlerini belirleyebiliriz. Varsayımımızı doğrulamak için bu kez beş merkez olduğunu düşünüp hesabı yineleriz. Bunlardan dördü kuvvetli, beşincisi ise zayıf bir merkez çıkarsa, o zaman dört merkez yaklaşımı muhtemelen

yeterince iyi bir yaklaşıldık sağlamıştır. Böyle de olsa bu ancak ön bilgiye dayalı bir tahminden öteye geçmez.

Bu olaybağlantılı işaretlerden sınırlı da olsa yararlı bilgiler edinilebilir. Örneğin, kabuğun işitme bölgesi beynin şakaklara yakın bölgesindedir. Tümden sağır doğan birinin o bölgesinde ne olup bitmektedir? Bir araştırmada seçilen sağır deneklerin anne ve babaları da sağırdı, bu hemen hemen kesinlikle kalıtsal bir bozukluktu ve beyinlerinden çok kulaklarından kaynaklanıyordu. Olaybağlantılı gerilimleri gözlemleyerek, ruhbilimci Helen Neville ve arkadaşları görüş alanının kenarlarındaki görsel işaretlere yanıtın bazen normal olarak işiten insanlara göre çok daha yüksek tepe değerine ulaştığını (150 milisaniyelik bir gecikmeyle) gösterdiler.[3] Bu artış sağır deneklerin beyninin hem ön şakak bölgesinde (normalde işitmeyle ilgili bölge), hem de Ön bölgenin bir bölümünde oluyordu.

Bu artışm görüş alanının kenarlarından gelen işaretlerden kaynaklanması şaşırtıcı değil, çünkü sağırlar işaretle haberleştiklerinde bakışlarını çoğunlukla karşılanndakinin yüzüne ve gözüne dikerler. Bu nedenle işaret bilgisinin büyük bölümü bakışlarının odağı dışından gelir. Neville kontrol grubu olarak işitmesi, normal (annebabası sağır), ama sağırdilsiz alfabesi öğrenmiş denekler kullandı. Bu gruptakilerde, doğuştan sağırlardaki etkinlik artışı görülmedi. Yani yalnızca sağırdilsiz alfabesini öğrenmiş olmanın buna yol. açmayacağını kanıtladı.

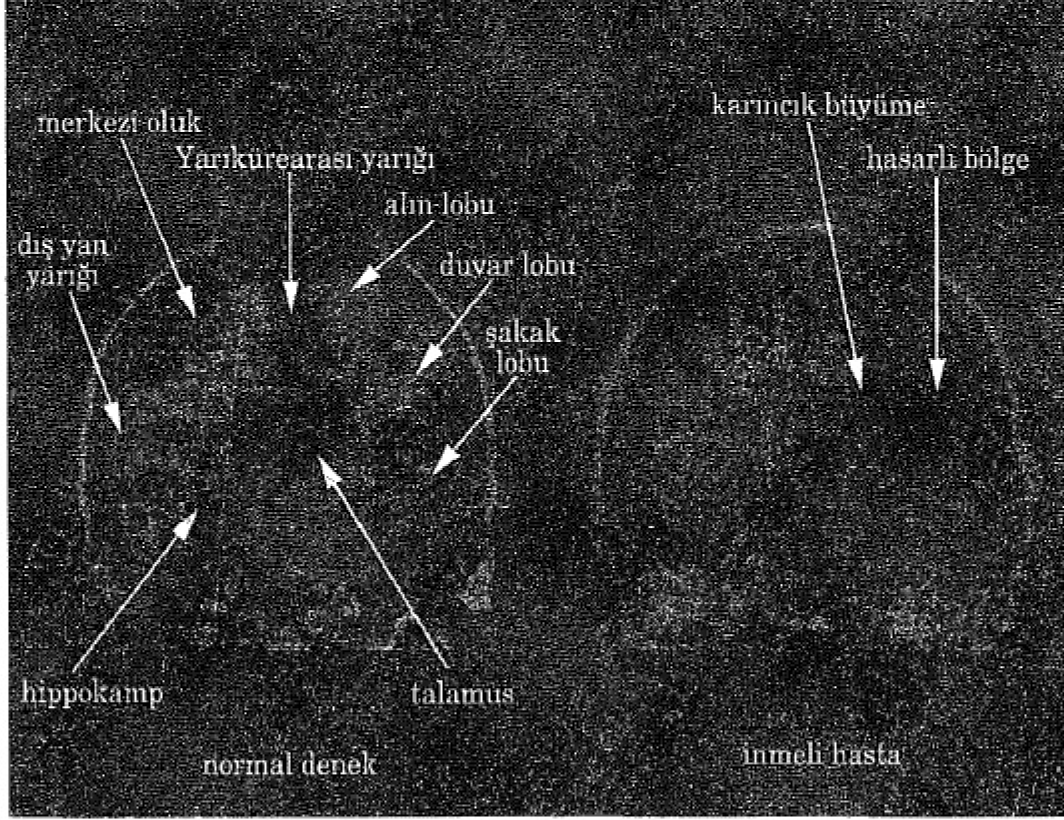
Neville görme sisteminin beynin gelişimi sırasında işitme sisteminin bir bölümünü bir biçimde işgal ettiğini ileri sürdü. Bu bölgede, tümden sağır kişilerde sese ilişkin normal etkinlikler olamazdı. İşiten kişilerde normal ses duyusu, kabuğun işitme bölgesinin görme sistemi tarafından işgalini engelliyor olmalıydı. Hayvanlar üzerinde son zamanlarda yapılan deneyler bu düşünceyi desteklemektedir.[4]

* * *

Daha yeni bir yöntem ile, beynin ürettiği değişken manyetik alanlar İncelenmektedir. Dünyanın manyetik alanına oranla çok çok küçük olan bu alanlar son derece zayıftır. Bu nedenle “squid” (süperiletken kuantum girişim aygıtı) denilen Özel seziciler kullanılır. Çevredeki manyetik

alanlardan etkilenmemesi için ölçme düzeneğinin tamamı bir manyetik koruyucunun içine alınmıştır. Önceleri tek bir squid varken, şimdi otuz yedilik birtakım olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem uzay boyutunda EEG'den genellikle daha iyi ayrıştırmaktadır. Kafatası manyetik işaretleri daha az bozması dışında avantajları ve dezanavantajları elektrik alanlarıyla yapılan ölçümlere benzer. Manyetik seziciler EEG'yi etkileyen elektriksel ikikutuplulara dik olan manyetik kaynaklara (ikikutuplulara) duyarlıdır, böylece belki EEG'den kaçan bazı işaretleri alabilir; ama bunun tersi de geçerlidir.

Squid seziciler pek ucuz olmasa da beyin dalgalarım incelemek öyle aşın pahalı bir yöntem değildir. Başka tarama yöntemleri hem çok pahalı aygıtlar gerektirir, hem de işletilmeleri pahalıya çıkmaktadır. Böyle tarayıcılardan az sayıda ve ancak tıp kuruluşlarında bulunmaktadır. Bir geçişte beynin yalnızca bir dilimine ilişkin bir görüntü verdiklerinden, istenen bir bölgeyi görüntülemek için genellikle çok sayıda dilim gerekmektedir.



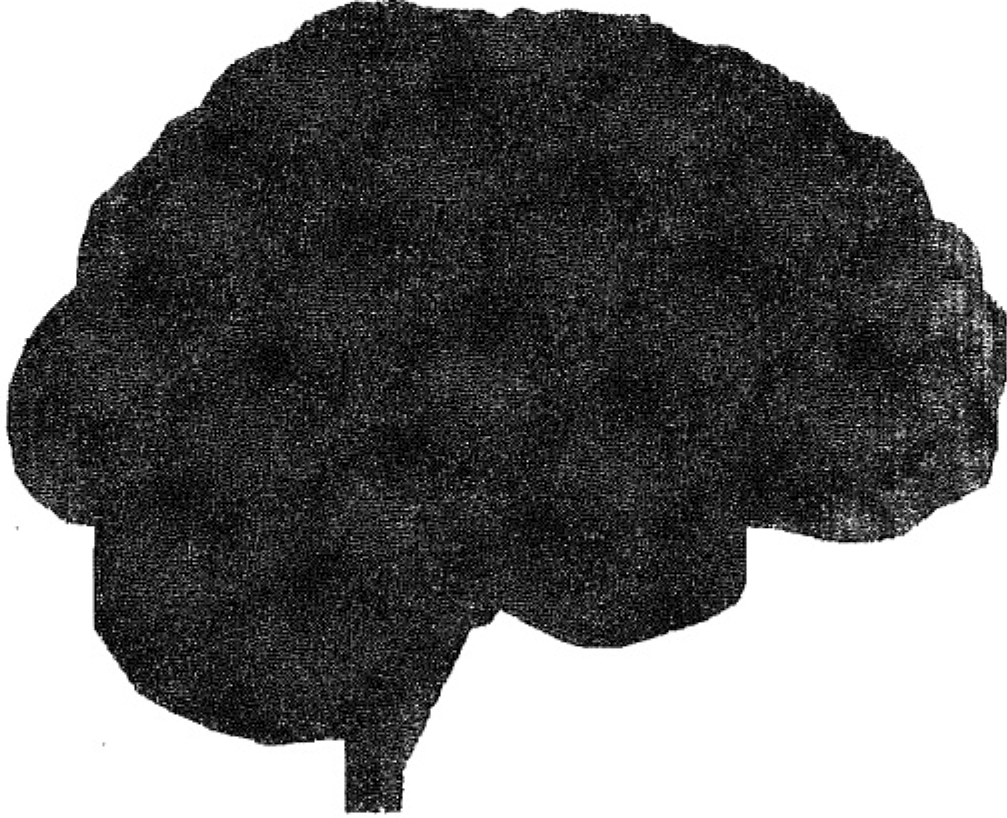
Şekil 36. İnmenin etkilerini gösteren tipik bir MRI taraması.

Kabaca iki çeşit tarama yöntemi vardır: Beynin durağan yapısına duyarlı olanlar ve etkinliğine duyarlı olanlar. En eskisi olan bilgisayarlı tomografide (CAT) X ışınları kullanılır. Yüksek ayrıştırmak mükemmel görüntüler veren daha yeni bir yöntem manyetik rezonanslı görüntülemedir (MRI). Bilebildiğimiz kadarıyla bu yöntem deneğin beynine hiçbir zarar vermemektedir. Normal yöntemde protonların (hidrojen atomlarının çekirdeği) yoğunluğu kaydedilir, yani özellikle suya duyarlıdır. İyi kontrastlı görüntüler elde edilir, ama bunlar durağandır; beynin etkinliğini göstermez (Şekil 36’ya bakınız). Bununla birlikte beynin bir bölümüyle ötekisi arasındaki genel yapısal farklılıkları açık seçik belli eder. Saydığımız her iki tarama yöntemi de, uygun koşullarda, beyinde (inme, kurşun yarası vb’nin neden olduğu) yapısal hasarı gösterirler. Bazı hasarlar bir yöntemle, bazıları ise öbürüyle daha kolay görülebilir. Özel bir teknik uygulanarak MRI taramasıyla canlı bir insanın beyni üçboyutlu model olarak gösterilerek dışarıdan nasıl göründüğü de canlandırılabilir. Şekil 37

sinir felsefecisi Patricia Churchland’m (canlı) beyninin yandan görünüşünü gösteriyor.

*   *   *

Bir başka yöntem de pozitronlu tomografi (PET) taramasıdır. Bununla beynin bir yerindeki bir etkinlik, bir dakika kadar bir süredeki ortalama olarak kaydedilebilir. Deneğin kan dolaşımına, içinde ^{1B}0 gibi zararsız bir radyoaktif atom bulunan bir kimyasal molekül (genellikle su) şırınga edilir. Bu radyoaktif atom bozunurken bir pozitron salar*. ^{15}0 atomunun yarı ömrünün kısa oluşu üretildiği siklotrondan şırınga edilişine kadar geçen sürenin çok kısa tutulmasını gerektirir. Ama bunun iki yararı vardır. İlki, oksijen çok çabuk bozunup yok olduğundan on dakika sonra yeni bir deney yapılabilir. İkincisi de gereken işareti elde etmek için deneğin aldığı radyoaktivitenin toplam dozu çok az olduğundan zararlı etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. Böylelikle deney için hasta aramak gerekmez; sağlıklı gönüllüler üzerinde de deney yapılabilir.



Şekil 37. Sinir felsefecisi Patricia Churchland'in canlı beyninin görüntüsü; MRI taramalarından Hanna Damasio bir araya getirmiş.

Beynin bir bölgesinde etkinlik arttığında, oradaki kan akımı da artar. Bilgisayarın çıkardığı harita aslında tarama bölgesindeki kan dolaşımı düzeyine karşılık düşmektedir. Denek belli bir kontrol durumunda iken bir tarama daha yapılır. Bu iki harita arasındaki fark, uyan durumu ile kontrol durumu arasında beynin etkinliğindeki değişimi gösterir.

Bu teknik ile, özellikle St. Louis'teki Washington Üniversitesi Tıp Fakültesinde Marcus Raichle'm başını çektiği bir ekip tarafından, çok sayıda ilginç ve iddialı sonuçlar elde edilmiştir. Bu ekip ilkin, deneklerin, az sayıda birtakım kaba şekillere tepkisini incelediler. Bu şekiller görüş alanının her tarafında değil de değişik yerlerinde en çok uyarıya yol açacak biçimde seçilmişti. Yeni kabuğun birinci görme bölgesinde kan dolaşımındaki değişimler yaklaşık olarak, daha önce beyindeki hasarların incelenmesinden elde edilen bilgilere dayanılarak tahmin edilen bölgelerde gerçekleşiyordu. Beyin kabuğunun başka yerlerinde de değişimler görülmekteydi ama işe yarayacak denli açık değildi bu veriler.

Raichle ve arkadaşları daha sonra Stroop girişim olayı denilen daha karmaşık bir görsel etkinlik sırasında kan akımındaki değişimleri incelediler.[5] Bu deneyde denek yazılı bir sözcüğün rengini hiç zaman yitirmeden belirlemek durumundadır. Buradaki zorluk örneğin kırmızı sözcüğünün yeşil renkte yazılmış olmasıdır. Sözcüğün rengi (yeşil) ile anlamı (kırmızı) arasındaki tutarsızlık deneğin tepki süresini uzatmaktadır. Böyle bir etkinlik sırasındaki kan akımını örneğin kırmızı sözcüğünün kırmızı renkte yazıldığı normal durumdakiyle karşılaştırdılar. Stroop olayında birtakım kabuk bölgelerinde kan akımının arttığını buldular; en çok da "sağ ön kuşak" denilen bölgede (beynin ortasında, öne doğru). Bunu, o görevi yerine getirmede gereken dikkat artışına yordular. Elde ettikleri sonuçta şöyle yazıyorlar: "Veriler, ön kuşağın bazı önceden belirlenmiş bilinçli planlara dayanarak, birbiriyle yarışan işlem alternatifleri arasında seçim yapma süreciyle ilgili olduğuna işaret ediyor." Bu, normal olarak dikkat dediğimiz şeyden çok Özgür İrade olarak düşündüğümüz şeyi anlatıyor gibi geliyor bana (kitabın sonundaki Eksöze bakınız). Buradaki süreçlerin nöronlarla ilgili ayrıntıları hakkında daha çok şey bilmemiz gerektiği açık.

PET taramaları başka yollarla elde edilmesi çok zor sonuçlar veriyor ama birtakım sınırlamaları var. Maliyetinin yüksekliği bir yana uzaysal boyuttaki ayrıştırması pek iyi değil, ama modern makineler geliştirildikçe bu konuda iyileşme görülüyor. Ayrıştırma şimdilik 8 milimetre dolaylarında. Bir başka dezavantajı da zaman boyutundaki ayrıştırmanın da kötülüğü iyi bir işaret için bir dakikaya yakın bir süre gerekiyor, oysa EEG milisaniyeler ölçüsünde çalışıyor.

Önde gelen araştırma merkezleri şimdi beyin etkinliğini gösteren PET taramasıyla beyin yapısını gösteren MRI taramasını birleştiriyorlar. Böylece PET taramasının sonuçları geçmişte yapıldığı gibi "ortalama" bir beyin ile değil de "o" beyin ile ilişkilendirilebiliyor. Ama bir süre sonra bu sonuçların yorumlanması daha önce değindiğimiz gibi, insan sinir anatomisini ayrıntılı olarak bilemeyişimizden dolayı çıkmaz sokağa girecek.

MRI taramalarını kullanmada yeni yöntemler de geliştiriliyor. Bu yöntemlerden birinde aygıt, lipide özel bir duyarlık gösterecek biçimde

ayarlanıyor.[6] Elde edilen görüntüler o kişideki değişik kabuk bölgelerinin yerini bulmaya yardımcı olabiliyor (tam yerleri kişiden kişiye biraz değişebilir). Bunu olanaklı kılan bazı kabuk bölgelerinde öbürlerine göre daha çok sayıda miyelinli aksonlar (dolayısıyla daha çok lipit) bulunması.

Başka yeni MRI yöntemlerinde beynin durağan yapısı değil de, beyindeki metabolizma ve başka etkinlikler sezilmeye çalışılıyor. Ama bunlarda sinyalin gürültüye oranının bilinen MRI'dakiıden daha zayıf olması olasılığı yüksek. Bakalım bu yeni yöntemler nasıl gelişecek.

İnsan beyninin incelenmesi bu kadar. Nöronların hayvan beyninde nasıl davrandıklarım görmek için ne gibi yöntemler kullanılabilir? En ayrıntılı bilgileri veren teknikte ince elektrotlar kullanılıyor. Bu yalnızca sivri ucu açıkta olan yalıtılmış ince bir tel. Anestezi etkisi altında kafatasının bir bölümü kesilip kaldırıldıktan sonra sinir dokusuna sokuluyor. Elektrot hayvana acı vermiyor, çünkü beyinde acı duyacak alıcılar yok. Böyle bir mikroelektrot, ucu bir sinir hücresinin yakınındaysa, dışarıdan o sinir hücresinin ne zaman ateşlediğini belirleyebilir. Deneyci elektrotu hayvanın beyninde seçtiği bir yere koyar, ama hangi tür sinir hücresinden kaydettiği şansa kalmıştır. Şimdilerde genellikle bir elektrot takımı kullanılarak aynı anda çok sayıda sinir hücresi dinlenebiliyor;

Bir başka teknik de hayvanın beyninden alınmış ince bir sinir dokusu dilimini incelemek. Bu durumda elektrot, ucıına doğru incelecek biçimde çekilmiş çok ince bir cam tüptür. Bu biçimde bir elektrot özenle, ucu sinir hücresinin içine girecek biçimde yerleştirilebilir. Böylece o sinir hücresindeki elektriksel etkinliğe ilişkin daha ayrıntılı bilgi elde edilebilir (Bu teknikle anesteziyle uyutulmuş hayvanların canlı beyni de incelenebilir, ama uyanık hayvanlarda çok zordur). Uygun bir banyo içinde beyin dilimi saatlerce iş görür. Bu sırada uygulanabilen değişik kimyasal maddelerin sinir hücrelerinin davranışlarını nasıl etkiledikleri gözlemlenebilir.

Çok genç bir hayvanın beyninden alman nöronlar bazı durumlarda bir tabağa yayılarak büyütülebilir. Böyle nöronlar büyürken komşu sinir hücreleriyle bağlantılar kurarlar. Bu koşullar canlı hayvandakinden çok daha uzak olsa da, nöronlar arası bağlantıların temel davranışını incelemede kullanılabilir. Bu bağlantıların zarlarında, açıldıkları zaman yüklü atomların (iyonların) akışına geçit veren kanallar bulunur.

Gerçekte belki de en çarpıcı olan gelişme, şimdi bir iyon kanalındaki tek bir molekülün , davranışını inceleyebiliyor olmamız. Bu “patchelamping” (parça kenetleme) olarak bilinen bir teknikle gerçekleştirilir.[7] Bu tekniği geliştirip kullanan Erwin Neher ve Bert Sakmann 1991 Nobel Ödülünü aldılar. Ucuûa doğru biriki mikrometreye kadar incelen çok ince bir cam pipet uygun biçimde oynatılarak ağzının küçük bir lipit zar parçasım tutması sağlanır. Talih yaver giderse bu parçada en az bir iyon kanalı bulunacaktır. İçinden geçen elektrik akımı, bir elektrik kuvvetlendiricisi ve kayıt aygıtı ile incelenebilir. Bu ufak zar parçasının iki tarafındaki önemli iyonların yoğunluğu değişik düzeylerdedir. Kanal çok kısa bir süre de olsa açıldığında, içinden bir anda çok sayıda elektrik yüklü iyon geçer. Bir tek kanal bile olsa, iyonların bu koşuşturması ölçülebilecek kadar bir elektrik akımı oluşturur. Böylelikle nöroiletenler ve öteki eczabilimsel etkenlerin genellikle diğer küçük organik moleküllerinve de zar geriliminin etkileri incelenebilir.

Ayrıca parça kenetleme yöntemiyle, genleri döllenmemiş kurbağa yumurtasına yapay olarak yerleştirilmiş iyon kanalları da incelenebilir. Bu yabancı genlerin emirlerini yerine getiren oosit (döllenmemiş yumurta), kanal proteinlerini üretir. Oositin dış zarında biriken bu kanallar parça kenetlemede kullanılan küçük pipetle yakalanabilir. Bu teknik belli bir iyon kanalına ilişkin geni bulmak için yapılan araştırmalarda işe yarar.

Özetle, insan ve hayvan beyinlerini incelemek için çok sayıda yöntem vardır; kimi kafanın dışından, kimi de içinden olmak üzere. Hepsinde şu ya da bu biçimde bir sınırlama söz konusudur; ya zaman ya da uzay boyutunda ayrıştırmada, ya da pahalılıktan ötürü. Bazılarından elde edilen sonuçlar kolayca yorumlanabilir ama sağlanan bilgi kısıtlıdır. Başkalarında ölçümü yapmak kolay ama sonuçlan yorumlamak zordur. Ancak bu yöntemlerin birkaçını bir arada kullanarak beynin gizemlerini açığa çıkarabilmeyi ümit edebiliriz.

X. Bölüm

Primatlarda Görme Sistem İlk Katlar

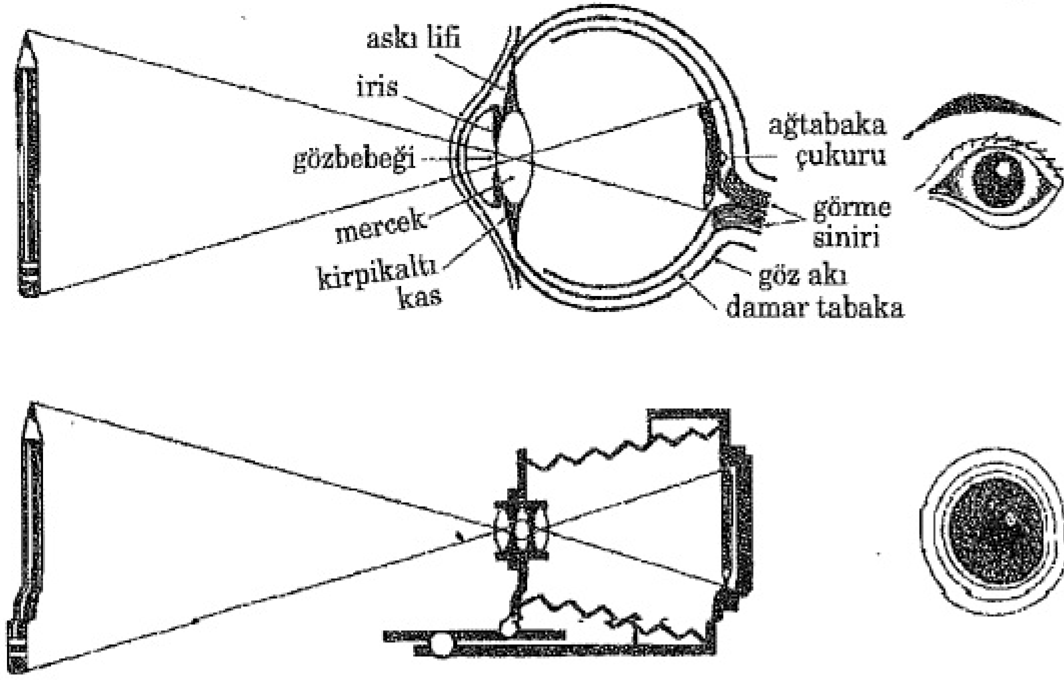
Gözetliyorum, minik gözlerimle, ...ile başlayan şeyi

Çocuk tekerlemesi

Görme çok karmaşık bir olay, dolayısıyla beyinde görmeye ilişkin parçaların basit olmaması hiç de şaşırtıcı olmasa gerek. Görme sistemi çok büyük bir birincil sistem, bir ikincil sistem ve birtakım küçük sistemlerden oluşur. Bunların hepsinin girişine, her bir gözün arkasındaki boğum hücresi denilen bir milyon kadar nörondan işaretler gelir. Ana sistem yeni kabuğa talamusun LGN (Lateral Geniculate Nucleus) denilen küçük bir parçası yoluyla bağlantılıdır. İkincil sistem daha önce sözü edilen üst tepeciğe uzanır. .

Gözün genel yapısı çok iyi bilinmektedir (Şekil 38). Odak uzaklığı en azından kırk beş yaşın altmdakilerde değişen bir mercek vardır. Gözbebeği denilen açıklık da parlak ışıkta küçülecek biçimde değişebilmektedir. Mercek görüş alanının görüntüsünü gözün arkasındaki ağtabaka (retina) denilen ince bir hücre tabakası üzerine odaklar. Ağtabakanın katmanlarından biri, gelen ışığın fotonlanna tepki gösteren dört çeşit ışık duyargasından oluşmuştur. Bunlar çomaklar ve adlarım şekillerinden alan üç tür konilerdir. Her bir gözde 100 milyon kadar bulunan çomaklar genellikle az ışıkta tepki gösterirler ve bunların tek bir türü vardır. Parlak ışıkta etkinlik gösteren konilerden ise 7 milyon kadar bulunur. Bunların üç türü vardır; her bir türü gelen ışığın farklı bir dalgaboyu aralığında tepki gösterir. Bu nedenle, daha önce dördüncü bölümde açıklandığı gibi, renkli görebiliriz.

Ağtabaka bu gelen bilgiyi beyne iletmeden önce bir ön işlemden geçirir. Aslında ağtabaka beynin küçük bir parçasıdır. Yani kabuğa göre incelenmesi çok kolaydır. Amerikan ruhbilimcisi John Dowling ona “beynin erişilebilir bir parçası” demiştir. Omurgalı beyninin hemen hemen tümüyle anlaşılacak ilk parçası olacaktır herhalde. Yapısının ilginçliğini bir yana bırakıp onu bir “kara kutu” olarak ele alacağım ve çıkışının (boğum hücrelerinin ateşlemesinin) girişiyle (göze gelen ışıkla) ilişkisini tanımlamakla yetineceğim.*



Şekil 38. Gözün yapısı ve karşılaştırma için bir fotoğraf makinesinin kesiti.

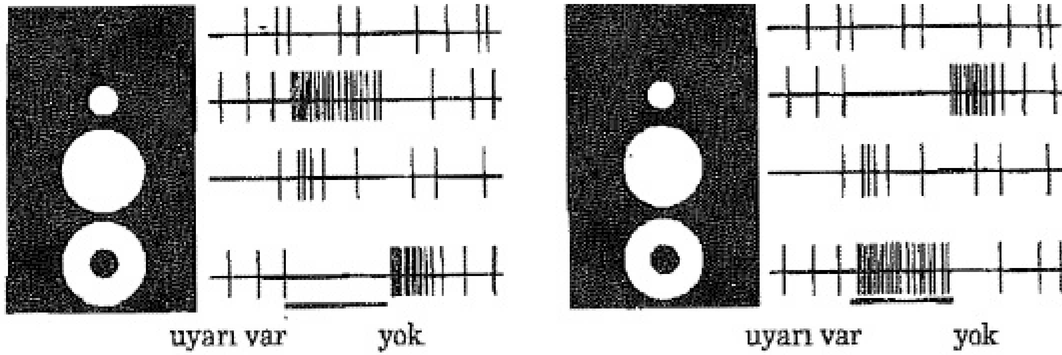
Gündüz görmede kullanılan konilerin yoğunluğu gözün yaklaşık merkezindeki ağtabaka çukurunda çok yüksek olduğundan orada yer alan daha ince ayrıntıları görebiliriz. İlgilendiğiniz bir şeyi daha keskin görmek için bakışınızı ona kaydırmanızın nedeni budur. Buna karşılık, bazen karanlıkta gözünüzün ucuyla daha iyi seçebilirsiniz, çünkü ağtabakanın kenarlarında daha çok sayıda çomak bulunur.

Göz değişik biçimlerde hareket edebilmektedir. “Göz kıpırtısı” denilen kesikli hareketi saniyede üç ya da dört kez yapar. Primatların gözleri hareket eden bir nesneyi “yumuşak takip” denilen bir süreç ile izleyebilir. İlginçtir, durağan bir sahneyi taramak üzere gözünüzü istemli olarak yumuşak bir biçimde oynatmanız hemen hemen olanaksızdır. Ne kadar çalışsanız da o kesikli olarak oynayacaktır. Göz bunun dışında sürekli olarak çeşitli ufak hareketlerde bulunur. Şu ya da bu biçimde ağtabakanın üzerindeki görüntü hiç oynamadan tutulursa, bir iki saniye sonra bilinçten silinir (Bunun ayrıntıları on beşinci bölümde veriliyor).

*Memelilerde hemen hemen hiçbir nöron beyinden ağtabakaya uzanmaz ama elbette orada ne olacağım gözlerimizi oynatarak etkileyebiliyoruz.

Gözden beyne işaretleri gönderen hücrelere “boğum hücreleri” denir. Belli bir boğum hücresi, görüş alanının belli bir yerindeki bir ışık beneğinin yanmasına (ya da sönmesine) şiddetli tepki gösterir (Şekil 39). Benek tam o yerde olmalıdır, çünkü mercek o beneği ağtabakadaki o boğum hücresinin yakınma odaklar. Bu da gözün nereye baktığına bağlıdır (Aynen fotoğraf makinesindeki filmin belli bir noktasının tepkisi de film üzerindeki konumuna ve makinenin nereye yönlendirilmiş olduğuna bağlı olması gibi). Görüş alanının belli bir hücreyi etkileyen bölgesine o hücrenin “alış alanı” denir.

Tam karanlıkta boğum hücresi “zemin sıklığı” denilen genellikle düşük ve düzensiz bir sıklıkta ateşler. Merkezüstü denilen bir tür boğum hücresinin alış alanının tam merkezine ışık düşürüldüğünde ateşleme sıklığı önemli ölçüde artar.



Şekil 39. Tipik boğum hücrelerinin ateşleme kayıtları. Soldakiler “merkez-içi”, sağdakiler ise “merkez-dışı” türden. Her bir kısa dikey çizgi bir akson darbesini temsil ediyor. Uyarılar siyah dikdörtgenlerin içinde gösteriliyor. En üstteki kayıtlarda ağtabakanın o bölgesine hiç ışık düşmediği durumda zemin sıklığındaki ateşleme gösteriliyor. Bunu altındaki üç kayıtta ise, küçük bir ışık beneğine, büyük bir ışık beneğine ve ortası karanlık bir ışık halkasına tepkiler gösteriliyor.

Işık bu küçük merkezi çevreleyen bölgeye düştüğünde ise tam karşıtı gerçekleşir. Işığın tamamı bu halka bölgedeyse zemin sıklığındaki ateşleme hepten durur. Sonra ışık kesildiğinde ise kısa bir süre için sık ateşleme görülür (Şekil 39ün soluna bakınız).

Çeşitli çaplarda ışık beneklerini hücrenin alış alanının ortasına merkezleyerek düşürelim. Şekilde gördüğümüz gibi, küçük bir benek

aydınlatıldığında hücrenin sık sık ateşlemesine yol açıyor, ama ışık beneğinin çapı büyüdükçe tepki azalıyor. Işık hem merkezi hem de çevresindeki halkayı kaplıyorsa hemen hiçbir tepki görülmüyor. Bir başka deyişle alış alanının merkezindeki tepki, çevredeki tepkiyle dengeleniyor. Demek ki belli bir boğum hücresi tam doğru noktadaki ışığa sık ateşleyerek tepki gösteriyor, ama o bölge genelindeki düzgün aydınlatmaya pek tepki göstermiyor. Ağtabaka göze gelen bilgiyi böylece işleyerek fazlalık bilgiyi kısmen ortadan kaldırıyor. Beyne yalnızca görüş alanının ışık dağılımı düzgün olmayan ilginç yerlerini gösteren bilgi gönderiliyor; ışık dağılımının düzgün olduğu tekdüze yerler ise göz ardı ediliyor,

Merkeziçi hücrelerden başka, bunlara eşit sayıda merkezdışı hücreler var. Bunlar geniş anlamda ilk türden olanların karşıtı, yani alış alanlarının ortasındaki ışık kesildiğinde sık sık ateşliyorlar (Şekil 39'un sağına bakınız). Bu aksonlarından aşağı darbeler gönderen pek çok nöronun ortak bir özelliğine örnek veriyor. Nöron eksi darbeler üretemez. Peki o zaman olumsuz bir işaret nasıl gönderilebilir? Talamusta ya da kabukta 200 Hertz gibi yüksek bir zemin ateşleme sıklığına pek rastlanmaz. Böyle bir hücre, olsaydı eğer, olumlu bir tepkiyi ateşleme sıklığını 400 Hertze çıkararak, olumsuz bir tepkiyi de ateşleme sıklığım sıfıra doğru azaltarak gösterebilirdi. Böyle bir hücre yerine çoğu durumda birbirine çok benzeyen, zemin ateşleme sıklığı düşük iki tür nöron bulunur. Biri bir parametredeki artışa, öteki ise azalmaya daha sık ateşleyerek tepki gösterir. Ortada pek bir olay yoksa 200 Hertzde zırıl zırıl öteceklerine— hiçbir şey yapmadan otururlar ve boşuna enerji tüketmezler.

Beyin bir noktada, basit sinüs dalgasına benzer bir değişimi temsil etmek istediğinde, bir nöron işaret artı yöndeyken, öteki ise eksi yöndeyken ateşler. Ne olup bittiğini tanımlamak için matematik işlevleri çok basitleştirilmiş biçimde kullanmaya kalkanlara bir uyarı olsun bu! Üstelik, gerçek bir nöron girişindeki ani değişikliklere ilkin kısa süreli bir ateşleme dalgasıyla karşılık verir. Ateşlemenin böyle zamanla değişimi bir nöron türünden ötekine de farklılıklar gösterir. Nöronlar matematikçilere kolaylık olsun diye evrimleşmediler.

Bir boğum hücresinin alış alanının büyüklüğü (yani duyarlı olduğu uzaysal açı) ağtabakada bulunduğu yere göre değişir; gözün ortalarında

kenarlarda olduğundan çok daha küçüktür. Boğum hücreleri birbirlerine çok yakın olduklarından komşu hücrelerin uyarı alanları bir miktar üst üste biner. Ağtabakadaki bir ışık beneği birbirine komşu hücreleri toplu olarak uyarır, ama hepsini aynı ölçüde değil.

Boğum hücreleri yalnızca merkeziçi ve merkezdışı olmak üzere iki türden değildir. Aslında içlerinde merkeziçi ve merkezdışı alttürlerini bulunduran geniş birtakım boğum hücresi sınıfları vardır. Memelilerde bu sınıfların temel yapısı türden türe değişir. Makak maymununda başlıca iki sınıf vardır: "M hücreler" ve "P hücreler" (M magno, yani büyük; P parvo, yani küçük demektir).[2] İnsandaki boğum hücreleri de buna oldukça benzer olmalıdır. Ağtabakanın her yerinde M hücreleri P hücrelerinden büyüktür. Alış alanları da daha geniştir. Aksonları daha kalın olduğundan beyine gönderdikleri işaretler daha hızlı gider. Işık şiddetindeki ufak değişimlere iyi tepki gösterirler, dolayısıyla düşük kontrastta çalışabilirler, ama yüksek kontrastta ateşleme sıklıkları daha fazla artamaz duruma gelir. Görsel sahnedeki işaret değişimleri bildirmek için kullanılıyor olsalar gerek.

P hücreleri daha çoktur. Tepkileri M hücrelerinin çoğundan daha doğrusaldır (girişle doğru orantılıdır). Daha ince ayrıntılarla, yüksek kontrastla ve özellikle renkle ilgilenirler. Örneğin bir P hücresinin alış alanının merkezi yeşil rengin dalga boyuna iyi tepki gösterirken, çevresindeki karşıt alan kırmızıya daha duyarlı olabilir. Bu nedenle P hücrelerinin, her biri başka renk kontrastlarıyla ilgili birkaç alt türü bulunur. Yine görüyoruz ki ağtabaka yalnızca ışık duyargalarının üstüne düşen ışıkla ilgili ham bilgiyi göndermiyor. Bu bilginin işlenmesi işine de başlıyor, hem de birden fazla yönden.

Bu iki ana boğum hücresi sınıfı, M ve P hücreler (ve her birinin merkeziçi ve merkezdışı üyeleri), aksonlarını LGN'ye, talamusun bu bilgiyi yeni kabuğa ileten bölgesine, gönderir. Ancak ağtabaka üst tepeciğe de uzanır. Buraya uzananlar P hücreler değil, bazı M hücreler ve daha az bulunan başka değişik hücre türleridir. P hücrelerden işaret gelmeyişi tepeciğin renk körü olduğunu gösterir.

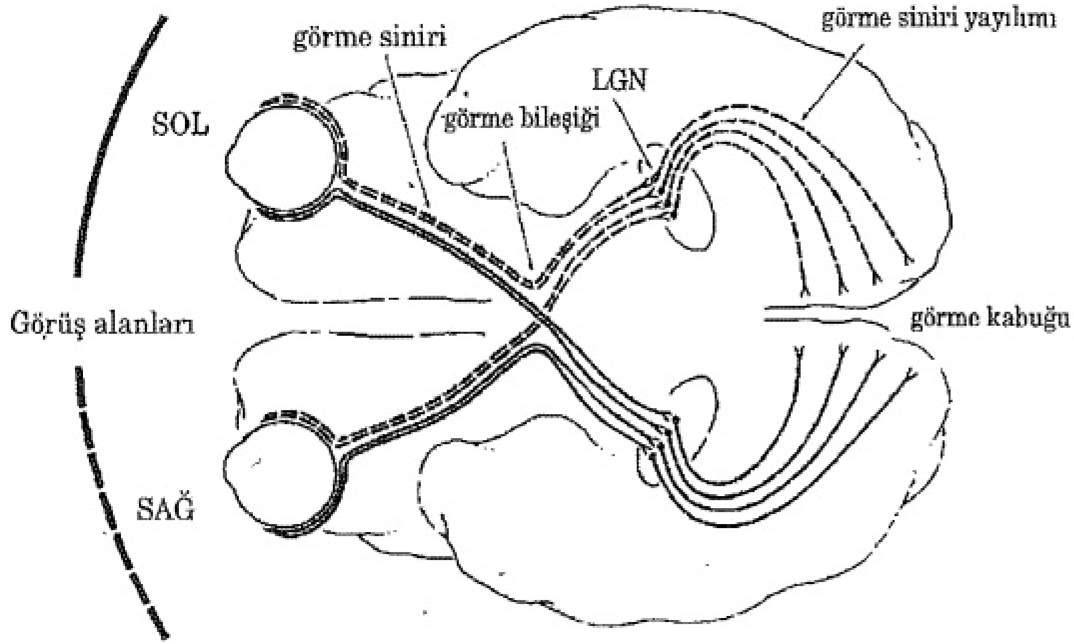
*   *   *

Omurgalıların çoğunda sağ gözün boğum hücrelerinin hemen hepsi beynin sol tarafındaki görme damına (memelilerdeki üst tepeciğin kabaca eşdeğeri) uzanır, sol gözdekiler de sağ tarafa. Primatlarda iş biraz daha karışıktır. Her iki göz de beynin iki tarafına uzanır, ama öyle ki beynin sol tarafı görüş alanının yalnızca sağ yarısıyla ilgili işaretleri alır.

Böylece, baktığınız noktanın sağ tarafında gördükleriniz sol LGN’ye ve oradan sol görme kabuğuna ve ayrıca sol üst tepeciğe gider (Şekil 40). Tabii beynin iki yansı normal olarak birbirlerine birtakım sinir lifi demetleriyle bağlıdır. Bunlardan en kalını olan büyük birleşek (tıbbi nedenlerle) kesildiğinde, on ikinci bölümde göreceğimiz gibi, hastanın beyninin sol yarısı görüş alanının yalnızca sağım ve sağ yarısı ise yalnızca solunu görür. Bu oldukça şaşırtıcı sonuçlara yol açabilir, sanki bir kafada iki insan varmışçasına.

Önce kısaca, üst tepeciğe uzanan ikincil sistemi ele alalım. Bu, kurbağa gibi alt omurgalılarda ana görme sistemidir. Memelilerde ise işlevinin çoğu yeni kabuğa geçmiştir. Geride bir tek göz hareketlerinin denetimi kalmış gibidir, ancak görsel dikkatin başka yönleriyle de ilgili olabilir.

Tepeciğin kat kat bir yapısı vardır. Üç ana bölgesi bulunur bunlara sırasıyla üst, orta ve derin bölge diyeceğim. Yukarıdaki bölgelere ağtabakadan gelen çeşitli uyarılar yanında işitme ve bedenduyu sistemlerinden de uyarılar gelir. Belli uyarılar kabaca belli bölgelere gider, ayrıntılarda türden türe farklılıklar görülse de. Derin bölgeye gelen uyarılar daha çeşitlidir.



Şekil 40. Görme sisteminin ilk katlarındaki bağlantıların ana hatlarının beynin altından görünüşü. Sol görüş alanının beynin sağ yanını, sağın da sol yanı etkilediğine dikkat ediniz. Sağ görüş alanına ilişkin bağlantılar kesikli çizgilerle gösterilmiştir.

Derin bölgede beynin karşı tarafındaki tepecikle “damlararası birleşek” yoluyla bağlantı kuran nöronlar bulunduğunu bilmek önemlidir (Bu bağlantı yolu on ikinci bölümde anlatılan beyni ikiye ayırma ameliyatlarında kesilmez). Bu derin bölgeler ayrıca beyin sapında göz ve boyun kaslarını denetleyen nöronlarla da bağlantılıdırlar.

Peki buradaki nöronların davranışı nasıldır? Üst bölgedekilerin çoğu hareketi seçer. Makakta renk körüdürler yani ışığın dalga boyundaki farklılıkları seçemezler. Küçük uyarılarla çok ilgilenirler ama uyarının ayrıntılarına pek aldırış etmezler. Işıktaki ani değişimlere tepkileri çoğu kez kısa sürelidir. Bütün bu etmenler istemsiz dikkat gerektiren türdendir. “Dikkat, orada bir şey var!” gibi bir işaret verirler.

Bir smıfta kürsüde konuşma yapan herkesin başından şu olay geçmiştir. Konuşmacının sağında ya da solunda bir kapının açılması gibi ani bir değişim olduğunda, dinleyicilerin tümünün gözleri o yöne çevrilir. Bu tepki ani ve oldukça istemsiz gibidir. Tepeciğin böyle göz hareketlerinde en büyük rolü oynadığından eminim.

Ama gözler nereye çevrilmeleri gerektiğini nasıl biliyorlar? David Sparks, David Robinson ve arkadaşlarının yaptıkları mükemmel deneyler sayesinde bunun nasıl gerçekleştiğine ilişkin oldukça sağlam bilgimiz var.[1] Tepeciğin üst bölgesi bir duyusal harita olarak tanımlanabilirse, orta ve derin bölgelerinde de bir "hareket haritası" var gibidir. Bu bölgelerdeki nöronlarm ateşlemeleri, gözün hedefe sıçraması için konumunda gereken değişikliğin yönü ve miktarını belirtir. Bu işaret, gözün harekete geçmeden önceki konumundan büyük ölçüde bağımsızdır. Beyin sapma gönderilen mesaj ne yönde ve ne kadar bir sıçrama gerektiği yolundadır.

Bir mühendis gönderilen bu işareti nasıl tasarlayabilirdi? Örneğin bir nöron, sıçramanın belli bir yönüyle ile ilgili olabilir ve ateşlemesinin sıklığı sıçrama uzaklığını belirtebilirdi. Böylece, küçük bir nöron takımıyla tüm yönler ve uzaklıklar belirtilebilirdi. Alternatif bir yolla (daha çok sayıda nöron kullanılarak) her bir nöron belli bir sıçrama vektörünü yani sıçrama yönü ve uzaklığım belirtebilirdi. Oysa gerçek durum oldukça farklıdır. Belli bir oynama için tepecikte belli bir nöron takımı hızlı ateşlemeye başlar. İşte bu etkinliğin hareket haritasındaki ağırlık merkezi sıçrama vektörünü belirler. Böylece tek bir tepşeik nöronu bir çok değişik sıçrama türünde rol alabilir. Sıçramanın vektör özelliğini belirleyen, toplu olarak etkin durumdaki nöronlardır. Kısacası tek bir göz hareketini çok sayıda nöron denetler.*

*Ancak burada gereken çıkışın basit bir ikibileşenli vektör olduğunu gözden kaçırmayın, Aynı anda çok daha karmaşık bilginin işlenmesi gerektiğinde bu yöntem kullanılamaz.

Peki göz hareketinin hızmı belirleyen nedir? Etkin nöron takımının ateşleme sıklığıyla orantılı olabilir. Ne denli sık ateşlerlerse göz de o denli hızlı hareket eder. Böyleee sıçramanın yönü, ilgili nöronların ne kadar hızlı ateşlediklerine değil, yalnızca bu nöron takımının etkinlik merkezinin hareket haritasındaki konumuna bağlı olmuş olur.

Bu düzenleme size çok tuhaf gelebilir ama aslında bir nöron kümesinin göz hareketlerinin hızı ve yönü gibi parametreleri nasıl belirlediklerine güzel (ve tipik) bir örnektir. Avantajı, nöronlardan birkaçı etkin durumdan çıksa bile sistemin çalışır durumda olmasıdır. Hiçbir mühendis beynin bu işi nasıl becerdiğini öğrenmeden böyle bir sistem tasarlayamazdı. Bu işaretler

beyin sapına vardığında, göz kaslarına emir vermek îçin bir başka işaret takımına dönüştürülmelidir. Bunun tam olarak nasıl gerçekleştiği ise henüz bilinmiyor.

Şimdi de LGN'den görme kabuğuna uzanan birincil görme sistemini ele alalım. LGN talamusun küçük bir parçasıdır. Saik Enstitüsü'ne 1976'da geldiğimde ("İnsanın Yükselişi" adlı TV dizisini yapan) rahmetli Bruno Bronowski'nin okyanus manzaralı ofisini devraldım, gerçek büyüklüğünün iki katı renkli plastik bir beyin modeliyle birlikte. Onu elime alır almaz ilk yapmaya çalıştığım şeylerden biri LGN'nin yerini bulmaktı. Talamusu kolayca bulmama karşın, üzerinde LGN yazan küçük tümseği bulmam bir hayli zaman aldı. Bu pek şaşırtıcı değil, çünkü yalnızca bir buçuk milyon kadar nörondan oluşmuş.

LGN'ye ilişkin kavramamız gereken iki şey var. îlki, bir ara duraktan başka bir şey değilmiş gibi görünmesi, Bu gözlemle çelişen İkincisi de, bundan çok daha karmaşık ve henüz pek anlayamadığımız bir şeyler yapıyor olabileceği.,

LGN'deki ana nöronlar temel hücreler uyan üretirler. (Buna ek olarak, azınlık durumunda, bastıncı GABA'lı hücreler de bulunur.) LGN'nin bir ara durak sayılmasının, biri anatomiyle, öbürü fizyolojiyle ilgili iki nedeni vardır. Temel hücrelere uyarılar doğrudan ağtabakadan gelir ve baş hücrelerin aksonlan doğrudan yeni kabuğun birinci görme bölgesine (VI) uzanır. Arada başka hiçbir nöron bulunmaz. Bu aksonlardan öteki temel hücrelere ya da LGN'nin öteki bölgelerine çok az sayıda yan dallar çıkar. Bir başka deyişle, bu nöronlar kendi işlerine bakarlar ve arkadaşlarıyla pek konuşmazlar. Ayrıca ağtabakadaki uyarılar LGN'ye öyle bir biçimde gelir ki LGN'nin her katmanında görüş alanının biraz çarpıtılmış bir haritası bulunur. Bu LGN nöronlarının uyarı alanları ağtabakadakilerinkine benzer, bazen biraz daha büyük olsalar da. îlk bakışta, LGN ağtabakadan gelen bilgiyi, az çok aldığı biçimde görme kabuğuna iletiyor gibi görünüyor.

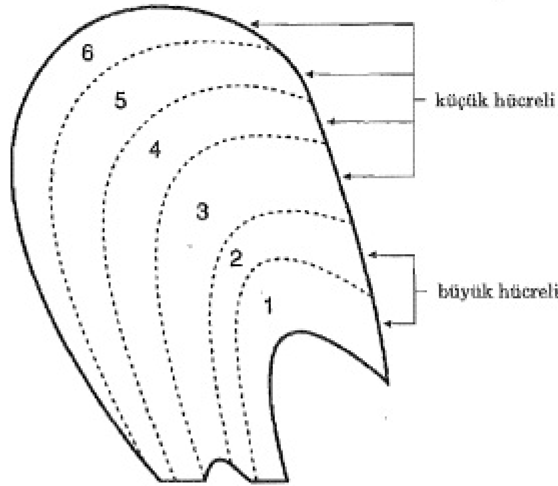
İzdüşüm ya da harita sözcüğü görme sisteminde iki değişik anlamda kullanılır, izdüşümün genel anlamı, alıcı bölgede birbirine komşu olan akson uçlarının gönderici bölgede birbirinden çok uzakta olmayan nöronlardan çıkmasıdır. Bu, gönderici bölgenin alıcı bölgede bir çeşit haritasını oluşturacaktır. Sözcük daha dar bir anlamıyla "retinotopik"

izdüşüm olarak da kullanılır. Belli bir görme bölgesindeki komşu nöronların, ağtabakada komşu noktaların (ve böylece 3B görüş alanının 2B izdüşümündeki komşu noktaların) etkinliğine tepki göstermeleri demektir. Görme sisteminde ilerlendikçe retinotopik izdüşüm giderek (çok sayıdaki yaklaşık izdüşümler sonucu) çorbaya döner,'ama bir bölgedeki nöronların bir sonrakine izdüşümü hâlâ çok iyi korunarak gerçekleşiyor olabilir.

Makakın LGN’sinde altı katman bulunur (Bkz. Şekil 41). Bunların ikisinde büyük hücreler vardır (magnohüereli denir). Birine uyanlar sağ gözden, öbürüne sol gözden gelir. Katmanlar arasında etkileşim çok azdır. Uyarılar başlıca ağtabakadaki M hücrelerden gelir. Ağtabakadaki P hücrelerinin de benzer biçimde küçük hücreli (parvohücreli) iki katmana uzanmasını bekleyebilirsiniz. Ama hayır, sanki salt işi daha karıştırmak için iki yerine dört parvohücreli katman bulunmaktadır. Yine iki gözden gelen girişler ayrılmıştır. önemli olan M ve P girişlerinin, iki gözden gelen girişler gibi birbirinden ayrı tutulmasıdır.

Şekil 41. Makak maymununun LGN'sinin altı katmanı. Resimdeki kesit her biri bir nokta gibi görünen hücre topluluklarını belirgin kılmak için boyanmıştır. En alt iki katmanda büyük (M) hücreler bulunduğundan bunlara "magno-hücreli katmanlar" denir. Üstteki dört katmana ise küçük (P) hücrelerden dolayı "parvo-hücreli" denir. Her bir katman çoğunlukla tek bir gözden giriş alır.





Parvohücreli ve magnohücreli katmanların gördükleri işler arasındaki fark nedir? iki laboratuvarda canlı maymunlara görmeyle ilgili çeşitli davranışlar öğretildikten sonra LGN'lerinde küçük yerel yaralar oluşturuldu. Bu deneylerden genelde, parvohücreli katmanların nöronlarının renk, doku, şekil ve stereo görmeye ilişkin işaretleri taşıdığı, magnohücreli nöronların ise hareket ve titreşmeleri sezmede uzmanlaştığı anlaşılıyor (ayrıntılı açıklama için 2 numaralı kaynağa[2] başvurunuz).

Şimdiye dek hep uyarıcı temel hücrelere değindik. Bastıncı nöronlar da iM ana sınıfa ayrılırlar, LGN'nin tam içindekiler ve "talamusun ağsı çekirdeği" demlen ince bir tabakada bulunan hücreler (bunu beyin sapındaki ağsı oluşum ile karıştırmayalım). Bu ince hücre tabakası talamusu

çepeçevre sarar. Nöronlarının hepsi bastırırıdır. Yeni kabuğa giden ve ondan gelen aksonların çoğundan uyanlar alırlar ve birbirleriyle etkileşirler. Çıkışlarının izdüşümü talamusun, hemen altlannda bulunan bölgesindedir. Eğer talamusa beyin kabuğuna giden bir geçit denebilirse, ağsı çekirdek de bu geçidin bekçisi sayılabilir.

LGN nöronları kabuğun birinci görme bölgesinden (VI) geri gelen girişler de alırlar. Şaşırtıcı olarak Vl'den gelen aksonların sayısı, oraya gidenlerinkinden çok daha fazladır. Ama oluşturdukları sinapslar LGN nöronlarının hücre gövdelerinden oldukça uzaktaki dendritler üzerinde bulunduğundan etkileri oldukça zayıf olabilir. Bu geriye bağlantıların tam olarak ne işe yaradığı bilinmemektedir (buna ilişkin bazı spekülatif önerileri on altıncı bölümde bulacaksınız).

Talamusa beyin sapından da, özellikle ağsı çekirdeğinin davranışında değişikliklere yol açan uyarılar gelmektedir. Bu, LGN'nin uyanık hayvanda görsel bilgileri serbestçe ilettiği, ama hayvan yavaş dalgalı uykudayken bu iletimi bir miktar engellediği anlamına gelir. Talamusun nöronlarına ve çeşitli türden sinaps bağlantılarına ilişkin daha pek çok ayrıntılar var, ama anlattığım kadarı LGN'nin görünüşteki basitliğinin altındaki önemli karmaşıklığını vermiş olmalı.

LGN'deki temel hücreler görme kabuğuna uzanır (Bkz. Şekil 40). Kedilerde bu aksonlar birden çok görme bölgesine gider, ama makak maymunu ve insanda tamamıyla gidip birinci görme bölgesine* bağlamr (Şimdilerde maymunda kabuğun öteki görme bölgeleriyle de çok zayıf bağlantılar bulunduğuna inanılıyor. Bunlar on ikinci bölümde "kör görüş" konu edildiği zaman bir anlam kazanacak). Bir insan ya da maymun, Vl'inin tamamı hasara uğrarsa görüş alanının o yarısında tamamıyla kör olur.

İlk bakışta beyin kabuğunun herhangi bir bölgesi, her milimetre karede 100 bin nöronuyla işin içinden çıkılamayacak bir kargaşa görünümündedir. Birbirlerine dolanmış aksonlar ve dendritler, kan damarları ve destek hücreleri ile tümüyle bir kaostur. Bir bilgisayar devresindeki tranzistorlar ve öteki elemanların denetimli düzeni yoktur burada. Biraz daha yakından bakıldığında ise bir nebze düzenlilik belirmeye başlar. Nöronların genel

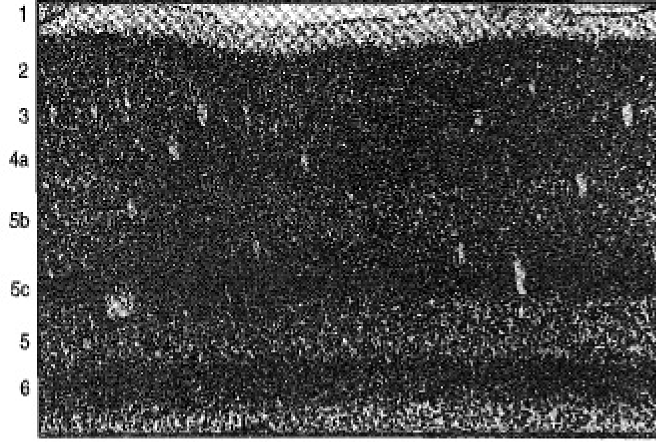
düzeni beyin kabuğunun birçok değişik bölgesinde aynı olduğundan önce bu kabuk bölgelerinin ortak özelliklerine bakmakla başlayalım işe.

Beyin kabuğu ince bir tabakadır yani kalınlığı öteki ikiboyutuna göre çok çok azdır. Nöronların görünüşü ve dizilişleri simetrik değildir. Tabakanın yüzeyine dik olan yöne "dikey" yön denir (sanki kabuğun kıvrımları yok edilip gerilerek bir masanın üzerine yayılmış gibi). Öbür iki yöne de "yatay" denir. Örneğin piramit hücrelerin neredeyse tamamında kabuğun dış yüzeyine doğru "düşey" olarak yükselen bir "tepe" dendriti vardır. Buna karşılık kabuğun iki yatay boyutuna ait özellikler kabaca birbirinin aynıdır. Bu, ormandaki ağaçların dizilişine benzer: Düşey yönde görünen manzara iki yatay yöndekinden çok farklıdır.

Kabuk tabakasının en belirgin özelliği kat kat oluşudur. Bu katmanlara ilişkin birşeyler bilmek önemli, çünkü değişik katmanlardaki nöronların yaptıkları şeyler biraz farklıdır. Altı katmandan söz edilegelmiştir, ama aslında her katmanın içinde birkaç alt katman bulunmaktadır (Bkz. Şekil 42). En üst katmanda (1. katman) az sayıda nöronun hücre gövdesi bulunur. Daha çok alt katmanlardaki piramit hücre

*"Çizgili kabuk" ya da "17. bölge" de denir, lerin tepe dendritleri ve bunların üzerinde sinapslar oluşturan çeşitli türlerden aksonlar vardır. Az sayıda hücre gövdesi, buna karşılık çok sayıda bağlantılar. Bunun altında, beraberce yukarı katmanlar olarak adlandırılan 2. ve 3. katmanlar bulunur. Bu katmanlarda çok sayıda piramit hücre vardır. Dördüncü katman çok sayıda dikenli (uyarıcı) yıldız hücre ile az sayıda piramit hücre gövdesinden oluşur. Kalınlığı kabuk bölgesinden kabuk bölgesine çok farklılık gösterir, hatta bazılarında hiç görülmez. Aşağı katmanlar olarak adlandırılan 5. ve 6. katmanlar da da yine çok sayıda piramit hücre vardır. Bunlardan bazılarının tepe dendritleri 1. katmana kadar çıkar.

Değişik katmanlardaki nöronlar yalnızca birbirlerinden farklı olmakla kalmayıp, daha önemlisi, farklı biçimlerde bağlantılar kurarlar (Bkz. Şekil 43).



Şekil 42. Makak maymununun birinci görme kabuğunun (V1) kesiti. Önceki gibi her bir nokta bir hücre gövdesini temsil eder. Katmanlı yapıya dikkat ediniz. Katmanların numaraları solda belirtilmiştir (Beyaz boşluklar kan damarlarının kesitidir).

Yukarı katmanlar (2. ve 3. katmanlar) yalnızca başka kabuk bölgeleriyle konuşurlar. Hiçbir zaman tümüyle kabuk dışına uzanmazlar. Ancak bunların bazı nöronları büyük birleşek üzerinden beynin öbür tarafındaki kabuk bölgelerine bağlanabilir. Altıncı katmanın nöronlarından bazıları talamusa ya da onun hemen altında beynin ortasına doğru bir yerdeki ince bir kabuk uydusu olan özçite geri uzanabilir. Bazılarının akson dalları da 4. katmandaki nöronlarla bağlantı kurar. Nöronları kabuğun başka yerlerine, talamusa ya da özçite değil de kabuk sisteminin tümüyle dışma uzanan tek katman beşincisidir; buradaki bazı nöronların da diğer kabuk bölgele' rine uzantıları olmakla birlikte. O halde bir anlamda, kabukta işlenen bilgi beynin öteki parçalarma ve omuriliğe 5. katmandan gönderilir. Kabuk tabakasından çıkan bu bağlantıların hepsi, sonradan geri dönseler bile, uyarıcıdır.

Elbette kabukta çok sayıda bastırıcı hücre de bulunur. Sayıca piramit hücreler (ki uyarıcıdırlar) çoğunluktadır. Nöroileten olarak GABA kullanan bastırıcı nöronlar beşte bir oranındadır, geri kalanı da dikenli yıldız hücrelerdir. Dikenli yıldız hücreler (ki uyarıcılardır), çok kısa aksonlu olup ancak yatay yönlerde yakınlarında (100200 mikron uzaklıkta) bulunan nöronlara bağlanırlar. Bu, biri dışında bastırıcı nöron türlerinin hepsi için geçerlidir.*

Bir bastırıcı hücre türü daha vardır ki pek görülmez. Bir piramit hücrenin aksonu genellikle aşağı doğru inerek kabuğun o bölgesinden çıkıp

çoğunlukla uzakta bir yere gider. Çıkmadan önce “yandaş” denilen dallanmalar yapar. Bazı durumlarda bunlar hemen orada çok sayıda dala ayrılır. Ama bazıları da yatay yönde o kabuk bölgesi içinde oldukça uzaklara (birkaç milimetre kadar) gidebilir.

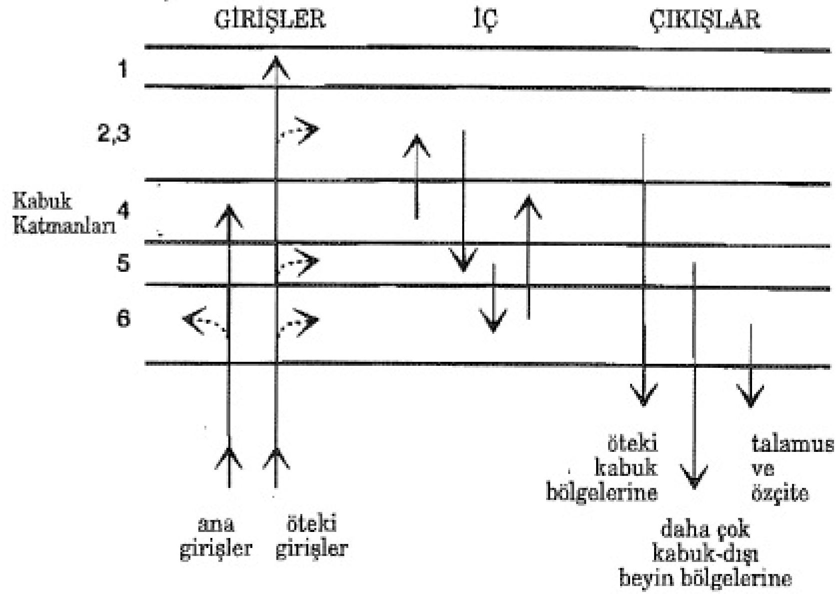
Beyin kabuğunun hesap işlemleri yaptığını düşünelim. Hücre gövdesinden akson yoluyla çıkıp giden bilginin o kabuk bölgesinde birçok kez dönüp dolaşmasını sağlayan özel bir tür bastırıcı sinaps bir tür kapı olmalıdır. Çünkü aksonun ana dalı üzerinden başka bölgelerdeki hedefine gönderilecek sonucun elde edilmesi için çok sayıda tekrar gerektiren döngüsel hesap işlemleri yapılmalıdır. Bunun için aksonun başladığı noktadan (avize hücrelerin sinapslarınm bulunduğu yer) değil de aksonun o kabuk tabakasından çıktığı noktadan hemen önce birtakım güçlü bastırıcı sinapslara gerek vardır. Böyle sinapslar olduğu yolunda elimizde hiçbir bulgu yok, ama en azından kuramcılardan biri modelim işler duruma getirmek için böylelerini icat etmiş bile! Üstelik bunlardan aksondaki hiçbir dallanma noktasında da yok. Bütün bunlardan çıkarabileceğimiz, kabuk bölgesinin, mesajlarım göndermekteki acelesinden dolayı işlemleri tekrarlamaya zaman bulamaması. O halde beynin tekrar gerektiren hesaplamalar için ortaklaşa etkinlikleri yönetmeye gerek duyması durumunda, çeşitli kabuk bölgeleri arasındaki bağlantılar tek bir kabuk bölgesinin içindeki bağlantılar kadar önemli olabiliyordur belki de.

*   *   *

Kabuğun katmanları arasında bilgi akışının ana hatları konusunda bir şey söyleyebilir miyiz? Bu korkunç karmaşık bir iş, ama kaba bir şeması şöyle olabilir (Bkz. Şekil 43):

Kabuk bölgesine ana giriş, (ama tek giriş değil), 4. katmandan yapılıyor. Bu katman çok ince ya da yok ise o zaman 3. katmanın aşağılarından giriliyor. Dördüncü katman yukarı katlara, 2 ve 3’e bağlı; onlar da yerel olarak 5. katmana bağlıdır. Beşinci katman, altındaki 6. katmana uzunca “yatay” bağlantılar yapar; o da 4. katmana bazı kısa “düşey” geribağlantılar gönderir. Başka kabuk bölgelerinden 1. katmana da önemli girişler yapılmaktadır. Bunlar aşağı tabakaların çoğundaki uzun piramit hücrelerin tepe dendritlerine bağlanabilirler.

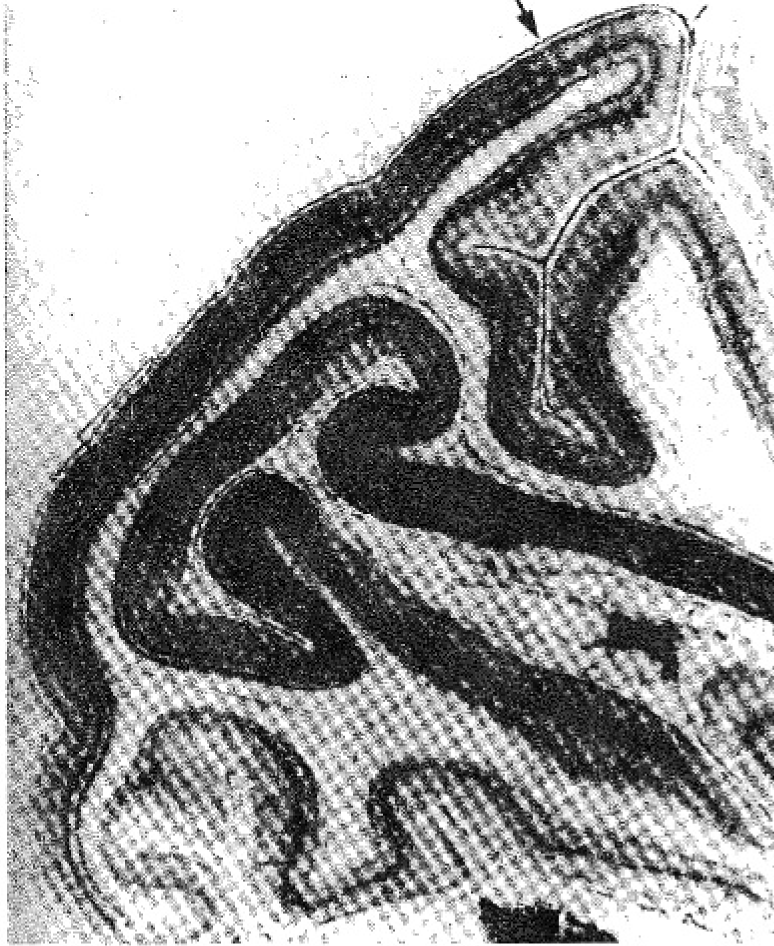
Bu basitleştirilmiş özet, küçücük bir kabuk parçasındaki akson bağlantılarının çapraşık yapısını gizlemeye çalışmaktadır. özellikle bir katmanın kendi içindeki bazen şaşırtıcı uzunluktaki çok sayıda bağlantıyı. Bu düzenli görünümün altında bir mantığın yattığı açık, ama kabuğu daha iyi anlamadan tam olarak bir şey söylemek zor. Yeni kabuk insanlığın muhteşem doruğu olabilir, ama gizemini kolayca açık etmiyor.



Şekil 43, V1 kabuk bölgesindeki önemli bağlantıların bazılarını gösteren iyice basitleştirilmiş bir çizim. Bu çizimde gösterilmeyen pek çok yan bağlantı vardır.

Beyin kabuğunun değişik bölgelerine ilişkin son bir noktayı daha belirtmek gerekiyor. Kabuk önceleri yüksek güçlü optik mikroskop altında ince ve boyalı kesitlerinin görünüşlerine dayanılarak bölgelere ayrılmıştı. Bu tür araştırmalara “yapıbilim” denir. Örneğin birinci görme bölgesi Vl’e çizgili kabuk denmişti. Çünkü yatay olarak her yönde gidip gelen akson demetleri, boyalı lamel üzerinde çıplak gözle görülebilecek kadar kaim çizgiler oluşturmaktadır (Bkz. Şekil 44). Bu çizgiler kabuğun belli bir bölgesinin kenarında aniden kesildiği için o bölgeyi oldukça düzgün kendi başına bir oluşum olarak görüp bir ad ya da numara ile belirlemek doğaldı. Kabuktaki başka yerlerin görünümleri de değişikti. Örneğin çizgili kabukta 4. katman çok kaimken, birincil hareket kabuğunda hiç yoktu. Maalesef bazı komşu bölgelerin farklılıkları o kadar belirsizdi ki sinir anatomicileri arasında anlaşmazlıklara yol açıyordu. Yirminci yüzyılın başlarında Korbinian Brodmann adlı Alman sinir anatomicisi insan da dahil olmak

üzere çeşitli memelilerin beyin kabuğundaki bölgeleri tanımlayıp her bir bölgeye bir numara verdi. Çizgili kabuğa 17, onun yanmdakine 18, onun yanmdakine 19. Oskar ve Cecile Vogt gibi başka sinir anatomicileri daha çok sayıda alt bölgeler ayırt ettiler.*



Şekil 44. Makakın görme kabuğunun hücre gövdelerini belli etmek için boyanmış bir ' əsiti. V1'in bazı bölümlerinde kalın çizgiler görüldüğünden "çizgili kabuk" denmiştir. Ok V1 ve daha az çizgili V2 bölgesi arasındaki sınırlardan birine işaret ediyor. Şekil 42'de görülen, küçük dikdörtgenin içindeki alandır.

Özetle, görme sisteminin ilk katlan son derece paraleldir; çok sayıda benzer ama farklı nöronlarm hepsi aynı anda etkin durumdadır. Gözün iç arkasındaki ağtabaka görsel girdiyi işlemeye başlar. Bu bilgiyi iki ana yoldan gönderir LGN’den geçerek beyin kabuğuna ve (daha çok göz hareketleriyle ilgili) üst tepeciğe ve beyin sapının üstünde, göz hareketleri, gözbebeğinin çapı ve benzeriyle ilgili birkaç küçük görme bölgesine. Renk bilgisi LGN’ye gider ama üst tepeciğe gönderilmez. Bu ham bilginin

tamamı oldukça yerel ve oldukça basittir. Birşey görebilmemiz için bu görsel bilginin, görme sisteminin çok sayıda farklı kabuk bölgesinde iyice işlenmesi gerekmektedir.

XI. Bölüm

Primat Beyninin Görme Kabuğu

Bir şeyi olabildiğince basitleştirmeliyiz,
ama daha da fazla basitleştirmeden.

Albert Einstein

Beynin sağ ve sol kabuk tabakasının her biri oldukça belirgin çok sayıda kabuk bölgesine ayrılabilir. Kabuktaki bir yerin, hangi bölgenin bir parçası olduğuna nasıl karar verilir? Bunun için birden çok ölçüt kullanılabilir, ilki, kesitine mikroskop altında bakıldığındaki yapısal görünüşü örneğin 4. katmam kalın mı, değil mi gibi. Çizgilerinin 17. bölgeyi nasıl tanımladığım gördük. Böylesi basit ayrımlar çoğu durumda işe yaramaz ama ileride daha duyarlı molekül boyalarla durum değişebilir. Görme bölgelerinin sınırlarım belirlemede kullanılabilecek bir başka yöntem, görsel izdüşümün ayrıntılarım incelemek. Ama bu yöntem çoğu kez, özellikle retınotopik düzenin belli belirsiz olduğu ya da hiç olmadığı üst görme bölgelerinde yetersiz kalır, çünkü görsel izdüşüm basitlikten uzaktır. Şimdilik en sağlam yöntem, her aday bölge için bağlantıların giriş ve çıkışların örgüsel özelliklerini bulmak. Çağdaş biyokimyasal yöntemlerle bu oldukça güvenilir biçimde yapılabilir. Ancak dokuzuncu bölümde gördüğümüz gibi bu yöntemlerin çoğu insanlara uygulanamıyor.

Pek çok bilimci, Özellikle kedi ve makak maymununda beyin kabuğunun bu işlevsel bölümlendirilmesine katkıda bulunmuştur. Ama bildiklerimiz hâlâ tam değil ve ayrıntıların büyük bir bölümü için de "şimdilik” kaydı gerekiyor.

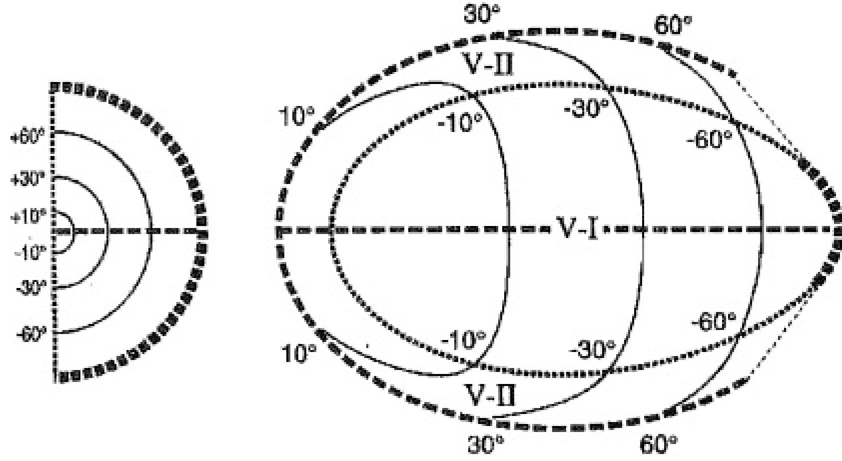
Şimdi VI birinci görme bölgesi— denen çizgili kabuk (17. bölge) ile başlayalım. Oldukça büyük olan bu bölge, kabuk yüzeyinin her milimetrekaresinde yaklaşık 100 bin nöron bulunduğu genel kuralına uymaz. Bu sayı Vl'de 250 bine yakındır. Makakta bir taraftaki Vl'de toplam 200 milyon nöron bulunabilir. Bunu LGN'den gelen bir milyon kadar aksonla karşılaştırınız. Bu sayılardan, LGN'den gelen girdilerin Vl'de sıkıca bir işlemden geçiyor olması gerektiğini hemen görebiliriz. Yoğun bir biçimde bulunmalarından nöronların ortalama olarak küçük boyda oldukları çıkar, çünkü Vl'in kalınlığı, bu yoğunluğun daha az olduğu V2'den daha fazla değildir, öyle geliyor ki evrim Vl'e olabildiğince nöronu doldurmuş.

LGN'den gelen uyarıcı girdilerin çoğu 4. katmana gitmekle birlikte bazısı da 6. katmana gider. Dördüncü katmanın birkaç altkatmanı vardır. LGN'nin P ve M katmanlarından gelen girdiler, 4. katmanın başka başka altkatmanlarma ayrılma eğilimindedirler. Gelen aksonların hepsi yaygın biçimde dallanıp budaklandığından tek bir akson binlerce nöronla bağlantı kurabilir. Buna karşılık 4. katmandaki belli bir nöron da çok sayıda aksondan uyarı alabilir. Yine de 4. tabakamn tipik bir dikenli yıldız nöronunda sinapslarm ancak küçük bir bölümü (belki yüzde 20'si) LGN'den doğrudan girdi alır. Sinapslarm geri kalanına girdiler başka yerlerden, en çok da komşu nöronların aksonlarından gelir. Böylelikle 4. katman nöronları LGN'yi dinlemekle kalmayıp, birbirileriyle duyduklarına ilişkin yaygın bir sohbet sürdürürler.

Ağtabaka girişleri nasıl LGN'de haritalanıyorsa LGN girişleri de Vl'de haritalanırlar. Doğal olarak görüş alanının karşı tarafına ait olan bu harita, düzgün bir harita değildir (Şekil 45). Gözün baktığı noktanın yakın çevresine, görüş alanının kenarlarına göre çok daha fazla yer ayrılmıştır. Bu bana yıllarca önce popüler olan esprili haritaları anımsatıyor. Bir Ne w Yorklunun gözüyle A.B.D.'yi gösteren bu haritalarda baş köşeyi Manhattan tutmuştu. New Jersey iyice küçültülmüştü; Kaliforniya ve Hawaii ise uzakta minik birer nokta kadardı.

Ayrıca ayrıntısına inildiğinde kabuk haritası şaşırtıcı ölçüde yamalı bir görünümdedir. LGN üzerinden her iki göze de kör nokta ve iyice uç noktalar dışında her yere bağlantı bulunmasına karşın, 4. katmana gelen iki göze ait bağlantılar düzensiz şeritlere ayrılmışlardır[4], aynen bir parmak

izindeki gibi (Şekil 46). Bu şeritlerin ortaları boyunca, ama 4. katmamn altında ve üstündeki katmanlarda, belli bir enzim (sitokrom oksidaz) için boyanarak görünür duruma getirilmiş "leke” dizileri bulunur. Bu lekelerdeki nöronların renk ve parlaklığa özellikle ilgi duydukları sanılıyor.

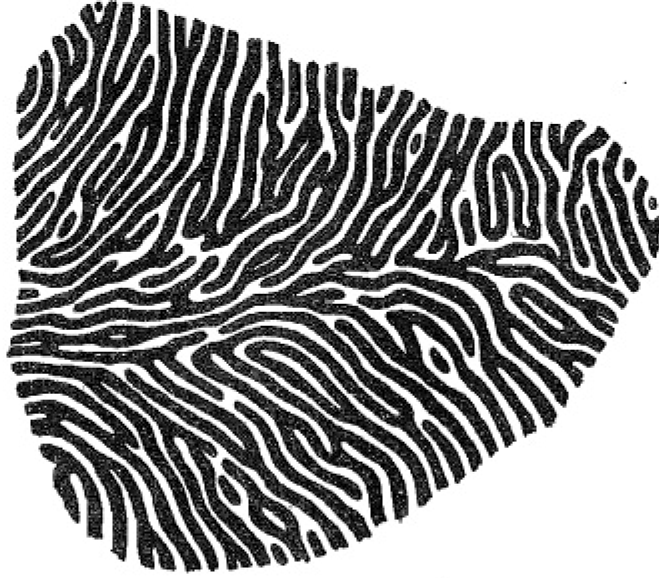


Şekil 45. Baykuş maymununun sol görme kabuğunun (kıvrımları açılmamış biçimde) çizgisel haritası. Yalnızca V1 ve V2 gösterilmiştir. Soldaki küçük şekil görüş alanının sağ yarısını temsil etmektedir. Görüş alanının merkezi –ortadaki 10°'lik açı– kabuk bölgesinde, alanın 60° ile 90° arasındaki çevresine göre çok daha büyük bir yer işgal etmektedir. Ayrıca V2'nin nasıl ikiye bölünmüş olduğuna bakınız.

Genel olarak VI kabuk bölgesindeki değişik nöronlar değişik şeylere ilgi gösterirler. LGN yoluyla gelen girdilerin bir merkez ve buna karşıt davranan bir çevreden oluşmuş küçük alış alanları olan nöronlardan kaynaklandığım anımsayınız.

Makakm 4. katmanındaki nöronlardan bazıları hâlâ bu özelliği taşırlar, uyan alanlan biraz daha geniş olmakla birlikte. David Hubel ve Torsten Wiesel tarafından altmışlı yıllarda (her ikisi de Harvard Tıp Pakültesi’ndeyken) keşfedildiği gibi, VI bölgesindeki nöronlann geri kalam, bir ışık dairesine değil de daha çok ince bir ışık (ya da karanlık) çubuğuna ya da aydınlıktan karanlığa geçişlere tepki gösterir. Bu ve başka buluşlarından ötürü Hubel ve Wiesel’e 1981’de Nobel Ödülü verildi. Bu nöronlar hareket eden bir çizgiye, aniden aydınlanıp kararan bir çizgiden daha fazla tepki gösterir. Belli bir nöronun en şiddetli ateşlediği belli bir çizgi ya da çubuk doğrultusu vardır. Çizginin doğrultusu bundan 15 derece kadar küçük bir miktar bile sapsa ateşleme hızı hemen azalır. Değişik nöronların değişik tercihli doğrultulan olur, ama birbirlerinin hemen altında

ya da üstünde olanlar (4. katmanın bazı yerlerindekiler dışında) aynı doğrultuya tepki gösterme eğilimindedir. Bu düzenleme çoğu kez “sütunlu” olarak adlandırılır. Üstelik kabukta yatay yönde gidildiğinde bu tercihli doğrultu ara sıra sert değişikliklerde bulunsa da, genellikle oldukça yumuşak bir değişim gösterir. Kabuğun yaklaşık 1 milimetre çapında herhangi küçük bir bölgesinde her türden nöronun alış alanları bir miktar üst üste binmiş durumdadır. Üstelik olası doğrultuların hepsi birden bulunabilir. Bu düzenlemeye ise “hipersütunlu” denir. Bazen de “kabuk modülü” denir, ama bu terimi fazla kullanmamakta yarar var. Maalesef kuramcılar arasında epey yaygınlık kazanmıştır, daha iyisini bilmesi gerekenler arasında bile.



Şekil 46. Makak maymununun V1 kabuk bölgesinden bir parça.[1] Koyu renkli bölgelere uyarılar bir gözden, açık renklilere ise ötekinden gelmektedir. Böylece Şekil 45'te görülen harita daha ayrıntılı bir ölçekte biraz daha karışmış oluyor.

Hubert ve Wiesel doğrultu seçici hücrelerin iki ana sınıfta toplanabileceklerini buldular. Bunları “basit” ve “karmaşık” olarak adlandırdılar. Basit hücrelerin alış alanlarında sınırları belirli uyarıcı ve bastırıcı altalanlar vardır. Bu altalanlar, öyle düzenlenmişlerdir ki hücre en iyi tepkiyi bir çizgi ya da kenara gösterir. Bu alanların bazıları öbürlerinden daha küçük olduğundan daha ince ayrıntıları seçebilir.[5]

Karmaşık hücreler alış alanlarının uyarıcı ve bastırıcı altalanlara düzenli bir biçimde ayrılmamış olmasıyla basit hücrelerden farklıdır. İyi ateşlemeleri için tercihli doğrultuda ve alış alanının içinde bir çizgi ya da kenar gerekir, ama bu çizginin alış alanın tam olarak neresine geldiği önemli değildir. Alış alanları yakınlarındaki basit hücrelerinkinden büyüktür, ama çok da büyük değildir. Ayrıca bazıları aynı yönde hareket eden noktalardan oluşmuş bir şekil gibi daha karmaşık uyanlara tepki olarak ateşlerler.

Otuz yıllık araştırmadan sonra bile ne basit hücrelerin ne de karmaşık hücrelerin, gözlemlenen bu davranışlarını sağlamak üzere birbirlerine nasıl bağlandıklarını tam olarak bilemiyoruz. Ayaklarımızı yere basabilmek için bunu gözden kaçırmamalıyız. Oysa düz bir mantıkla ele alındığında problem çok basit gibi. Bir basit hücre ancak tercihli doğrultusunda bir çizgi oluşturan noktaların çoğu bir uyarı üretebilecek biçimde toplanabiliyorsa ateşler. Yani bir VE (toplama) işlemi yerine getirir ve ateşlemesi için girdinin belli bir eşiği aşması gerekir. Öte yandan bir karmaşık hücre, doğrultulan tercihli doğrultusuna yakın herhangi bir çizgi alış alanın içindeyse ateşler. Buna göre bir karmaşık hücre, birtakım birbirine benzer basit hücrelerin hepsinden aldığı uyarılar üzerinde bir VEYA işlemi yerine getiriyor gibidir. Karmaşık hücrelerin işlemde basit hücrelerden azıcık daha ileride göründükleri doğru ama yakından bakıldığında bu yalın düşünce işi zorlaştırıyor, çünkü bunların çoğuna doğrudan LGN'den de uyarılar geliyor. Ayrıca en iyi tepkiyi hareketli bir çizgiye gösteriyorlar, hatta bazı nöronlar (çizgiye dik) hareket yönlerinden birini, karşıtına tercih ediyor.

Bu problemin çözülememiş olması özellikle üzücü. Basit hücrelerin VE işleminden sonra karmaşık hücrelerin VEYA işlemini yerine getirmeleri beyin kabuğunda her yerde kullanılan ortak bir yöntem olabilirdi. Bu doğru olsaydı, epey ilerleme kaydetmiş olacaktık.

VI bölgesindeki nöronlar uyarılara değişik biçimlerde duyarlıdırlar. Daha önce gördüğümüz gibi 4. kakmandakilerin çoğu merkezçevre türündendir. Bu beneklerdeki nöronlar için de geçerlidir. Öbür nöronların çoğu yönseçicidir. Bunların bazısı, 6. katmandakilerin çoğunluğu gibi, çok

uzun çizgilere en iyi tepki gösterirken, bazıları çizgi uzun değilse daha iyi tepki gösterir. Bu sonuncusuna “uçta durmalı” denir.*

Bir başka nöron türü her iki gözden de uyan alır, ama ağtabaka nöronlarından gelen uyarılar iki ağtabakanm karşılıklı aynı noktasından değilse daha şiddetli ateşler. Beyin görüş alanındaki bir nesnenin uzaklığını çıkarabilmek için buna gerek duyar, çünkü (dördüncü bölümde anlatıldığı gibi) değişik uzaklıklardaki nesneler değişik farklılıklar oluştururlar. Yukarıda değindiğimiz gibi bazı nöronlar hareke tin belli bir yönüyle ilgilenir ve karşıt yöndeki harekete tepki göstermezler. Bu nöronların çoğu 4B denilen ince bir katmanda bulunur. Nöronların çoğu her dalga boyundaki görülebilen ışığa aym ölçüde duyarlıysa da özellikle beneklerde bulunanlarda alış alanlarının merkez ve çevresi dalgaboylarını seçici bir duyarlılık gösterir. Yani renkle ilgilenirler. Bütün bunlar VI deki değişik nöronların gelen görsel bilgiyi değişik yollardan işlediğini gösterir.

*Bunlar Şekil 15’tek i gibi çizgi sonlarının neden olduğa aldatıcı sınır çizgilerini oluşturuyor olabilir.

Alış alanı, içindeki bir ışık değişiminin hücreyi ateşlettiği görüş alanı parçasıdır. Ama alış alanının dışında onu çevreleyen bölgedeki ışık değişimleri de, kendi başma hücreyi ateşletmese de, alış alanının oluşturduğu etkide değişikliklere yol açabilir. Yerel bağlam düşüncesini getiren bu daha geniş alana şimdilerde “klasik olmayan” alış alam denmektedir. Bu bağlam niteliğe özgü olabilir. Hücre yalnızca belli bir nitelikle ilgilenmekle kalmayıp komşularındaki benzer, niteliklerden de etkilenir. Nöron davranışının bu çok önemli yam görme sisteminin büyük bir olasılıkla her katmda geçerlidir. Ruhbilimciler pek çok durumda bağlamı önemli bulduklarından, bunun önemli ruhbilimsel yankılan olması beklenebilir.

VI kabuk bölgesi, kaba ve çarpık da olsa, niye görüş alanının bir haritasını bulundursun? İçerideki insancık (homunkulus) ona baksın diye olamaz Şaşırtan Varsayımımız böyle bir şeye izin vermez. Olsa olsa beyindeki bağlantıları kısa tutmaktır bunun amacı. Vl’deki bir nöron görüş alanının yalnızca küçük bir yerinde olup bitenle ilgilendiği için, yaklaşık bir harita, nöronu ürettiği sonuç bilgiyi işlerken etkileşimde bulunması gereken

öteki nöronlara yakın tutar. Kuramcılar bu en az bağlantı gereksiniminin kabuktaki çeşitli öbeklenmeleri de açıklayabileceğine işaret ediyorlar. Böylece geniş kapsamlı bir ana haritanın içinde çok sayıda altharitalar bulunabilir.[2] Bir altharitamn küçük bir parçasında kuvvetli etkileşimler olurken, aynı haritanın yakın parçalarına biraz daha uzun bağlantılar gerekir. Böyle bir parçadan çevredeki başka altharitalara yine yerel ama daha zayıf bağlantılar gidebilir. Benzeri biçimde bir kenti de birbirleriyle etkileşen ve ortak çıkarlarda örgütlenen mahallelerin oluşturduğunu düşünebiliriz. Bu düzenleme kısmen haberleşmeyi kolaylaştırmak içindir. Bütün kent için tek bir süpermarket yerine, her mahallede bir bakkal olduğu için kentte yaşayan herkes bunların en az birine yakındır.

Bu bağlantıyı azaltma sorununun her aşamada çözülmesi gerekecek. Beyin kabuğundaki toplam nöron sayısını insaflı bir sayıda tutmak gereğiyle birlikte düşünüldüğünde bu, genelde beyin kabuğunun ve özelde görme sisteminin yapısını açıklayabilir.

VI bölgesindeki (ve öteki bölgelerdeki) harita öyle yapılmıştır ki geniş kapsamlı nitelikleri örneğin Vl’in hangi bölümünün ağtabaka çukuruna karşılık geleceği beynin gelişimi sırasında, bununla ilgili genlerin etkisiyle belli yönlerde belirleniyor gibidir. Haritanın ince ayrıntılarını ise gözlerden gelen uyarıların yol açtığı değişiklikler oluşturmaktadır ve sonuçta bu ayrıntılar gözden gelen değişik aksonların ateşlemelerinin birbirleriyle ilişkili olup olmamasına bağlı gibidir. Bu gelişim doğumdan önce başlayabilir. Genç bir hayvanın yaşamında bağlantılardaki bu değişikliklerin oldukça kolay gerçekleşebildiği kritik bir dönem vardır, ama bazen sonraki dönemlerde de bazı değişiklikler gerçekleşebilir.

* * *

Örneğin VI bölgesindeki nöronların çoğunun doğrultuya duyarlı oluşu gibi, bir nöronun tepkisinin özgüllüğünü belirten genel bir terim işe yarayacak. Bunun için en sık rastlanan terim “nitelik saptayıcı.” Bu terim bazı nöronların doğrultuya, bazısının farklılığa, bazısının dalgaboyuna, vb duyarlı olduğu gerçeğini içeriyor, tamam, ama iki eksikliği var. Birincisi, nöronun yalnızca adlandırıldığı “niteliğe” tepki gösterdiğini öneriyor (Bazıları o nöronun, o niteliğe tepki gösteren tek nöron olduğunu sanabilir

ki gerçek durumdan çok uzak olur bu). Bu değerlendirme, nöronun başka (yakın) niteliklere tepki gösterebileceği gerçeğini gözden kaçırıyor. Örneğin, doğrultuyaduyarlı ve uçtadurmalı bir hücre (uygun doğrultu ve konumda) bir çizgiye iyi tepki gösterir, ama uyarı alanının alt yapısından dolayı bir bölümü uyarı alanına giren daha uzun bir eğri çizgiye de duyarlı olabilir.

Nitelik saptayıcının ikinci yanıltıcı yanı da nöronun beyin tarafından o özel niteliğin farkındalığım oluşturmak üzere kullanıldığım önermesi. Bu doğru olmayabilir. Örneğin değişik dalgaboylanna değişik tepki gösteren bir nöronun, renkleri görmenizi sağlayan sistemin temel bir parçası olması gerekmez. Belki de rengin ne olduğunun farkındalığım oluşturmayıp yalnızca renk farklılıklarına beynin dikkatini çekmektedir.

Nitelik saptayıcıların belirlediği niteliklerin pek söz edilmeyen bir yanı da bir mühendis tarafından tasarlanmışçasına kesin sınıflandırmalara hiç de uymaması. Örneğin doğrultuseçici hücrelerin "basit" türünün uyarıcı ve bastırıcı altalanlanmn iki biçimde düzenlenmiş olmaları beklenirdi: Birisi uyan alanının uzun ekseni etrafında simetrik, ötekisi de bunu karşı simetriğinde.[6] Gerçekte bu türler vardır ama buna yakın ve karışık başka bir sürü düzenlemeyle birlikte. On üçüncü bölümde göreceğimiz gibi, bir tasarımcı tarafından önceden kesin biçimde planlanmayıp, bir sinir ağının parçası olarak bir öğrenme algoritması (bir öğrenme kuralı) kullanılımıyla gelişmiş olsalardı, işte tam böyle olmaları beklenirdi.

Belli bir nöronun beynin işleyişinde nasıl bir rol oynadığını anlamak için onun alış alamm bilmek yetmez, en azından çıkışının nerelere uzandığını yani aksonunun sinapslarla değdiği nöronların hepsini bilmeliyiz. Şimdi Saik Enstitütüsü'nde çalışmakta olan Terry Sejnowski buna alış alanı terimine benzeyecek biçimde "uzanım alanı" diyor. Uzanım alanının "anlam" ile ilgili bütün tartışmalarda önemli rol oynaması beklenir. Aksonu kesik bir nöronun etkinliği beyin için bir anlam taşıması gerektir.

İkinci görme bölgesi V2 kabuk bölgesi de büyüktür ve Vl'in olduğu gibi onun da görüş alanının karşıt yansımn bir "haritası" vardır. Vl'in haritası, yerel ölçeğin ("büyütme katsayısı denir) ağtabaka çukurundan kenarlara doğru gidildikçe değişmesinden dolayı biraz acayip görünüyorsa, Şekil 45'i dikkatle incelediğinizde görebileceğiniz gibi, V2'ninki daha da

tuhaftır. Harita, görüş alanının karşı yansının üst ve alt parçalarına kabaca denk düşecek biçimde iki ana bölgeye ayrılmıştır.[7] Burada da ağtabaka çukuruna yakın bölgelere ayrılan alan, kenardaki bölgelere aynlandan daha fazladır.

V2 nöronlan genel olarak VTdekiler gibi doğrultu, hareket, farklılık ve renk türünden genel niteliklerle ilgilenirler, ama bazı farklar vardır. V2'deki nöronların hemen hepsine her iki gözden de girdiler gelir. Ancak alış alanları Vl'dekilerden daha geniştir ve daha incelikli tepkilerde bulunabilirler. Örneğin belli öznel sınır çizgilerine ateşlemede bulunan nöronlar bulunmuştur.[8] VI kabuk bölgesinde Şekil 15'teki gibi çizgi sonlandıran türden öznel sınır çizgilerine tepki gösteren nöronlar[3] bulunduysa da öteki türüne (Şekil 2'deki çizgi sürdüren türe) tepki gösteren nöronlar yalnızca V2'de vardır.[4] Öznel sınır çizgilerine duyarlı böylesi nöronlar bulunduğunu öğrenince hayretler içinde kalan en az bir felsefeci tanıyorum. Oysa bu bizi şaşırtmamalı. Bir görsel özelliği doğrudan seçebiliyorsak (çıkarsamaya gerek kalmadan) beynimizin bir yerinde bunun için ateşlemede bulunan nöronların olmasını iyi bir genel kural olarak sayabiliriz. Gerçekliği kanıtlandığında bu çok önemli bir kural olacak.

V2 kabuk bölgesi de parçalıdır, ama Vl'de lekeler biçiminde görülen enzim, burada V1/V2 sımnna dik yönde pürüzlü şeritler boyunca görülür. Bu şeritlerdeki nöronlar dikkatle incelenmiş ve tepki gösterdikleri genel görsel niteliklerin şeritlerin türüne göre değiştiği bulunmuştur. V2'de birkaç belirgin bilgi akışı varmış gibidir. Biri renkle, bir başkası farklılıkla, vb. Bu ayrıntıların hepsi de bilimcilerin yoğun ilgisini çekmektedir, çünkü çeşitli alt bölgelerdeki çeşitli nöronların tam olarak nasıl sınıflandırılacaklar! ve görmemize nasıl katkıda bulunduklarıyla ilgilidir. Bizim için önemli olan nokta aym bölgedeki nöronların bile davranışlarının az çok belirli sınıflara ayrılabileceğidir, bu ayrımın ne kadar teiniz yapılabileceği tartışmalı olsa da.

Şimdiye dek yalnızca Vl'den V2'ye uzanan nöronlardan söz ettim. V2'den Vl'e geriye doğru* uzanan nöronlar yok mudur? Bu soruya yanıt, Vl'den V2'ye uzanan nöron kadar V2'den Vl'e geri uzanan nöron

bulunduğudur, ancak önemli bir farkla. İleri yöndekilerin büyük bölümü V2’nin 4. katmanına uzanırken, Vl’e geri uzananlar 4. katmana hiç uğramazlar.

Tarihsel olarak kabukta yalnızca üç görme bölgesi kabul edilegelmiştir: 17, 18 ve 19. Bunların ikisinden ayrıntılı biçimde söz ettim: VI (17’nin eşdeğeri) ve V2 (eski 18’in bir parçası). Bunlardan başka kaç tane vardır? Şaşıracaksınız, en azından yirmi tane daha görme bölgesi belirlenmiştir, ayrıca yedi tane daha kısmen görmeyle ilgili olanı. Tek başına bu gerçek bile görme sürecinin karmaşıklığını ortaya koymaya yeter. Nöronlarm davranışları her bölgede değişiktir, çünkü her bölgenin belli bir girişçıkış takımı vardır. Şimdi Washüigton Üniversitesi’nde çalışan David van Essen tarafından çizilmiş makak beyin kabuğunun düzlenmiş biçimi Şekil 47’de görülüyor. Kabuk hem eğri, hem de kıvrımlı olduğundan haritada bir bozukluk yaratıyor elbette**. Bu bozukluğu biraz azaltmak için kabuk tabakasında birtakım kesimler yapılmış. Bunlardan VI bölgesini tümüyle içereni sola doğru çıkık olarak görülüyor. Bu şekli bir sonraki ile karşılaştırınız. Şekil 48’de kabuk kıvrımlarım belirten işaretler yerine öteki kabuk bölgeleri çizilmiştir. Görme bölgeleri ve kısmen görmeyle ilgili bölgeler koyu tonlarla belirtilmiştir. Makakta bunlar beyin kabuğunun yarıdan bifaz fazlasını kaplar (makakların son derece görsel hayvanlar olduğunu anımsayınız).

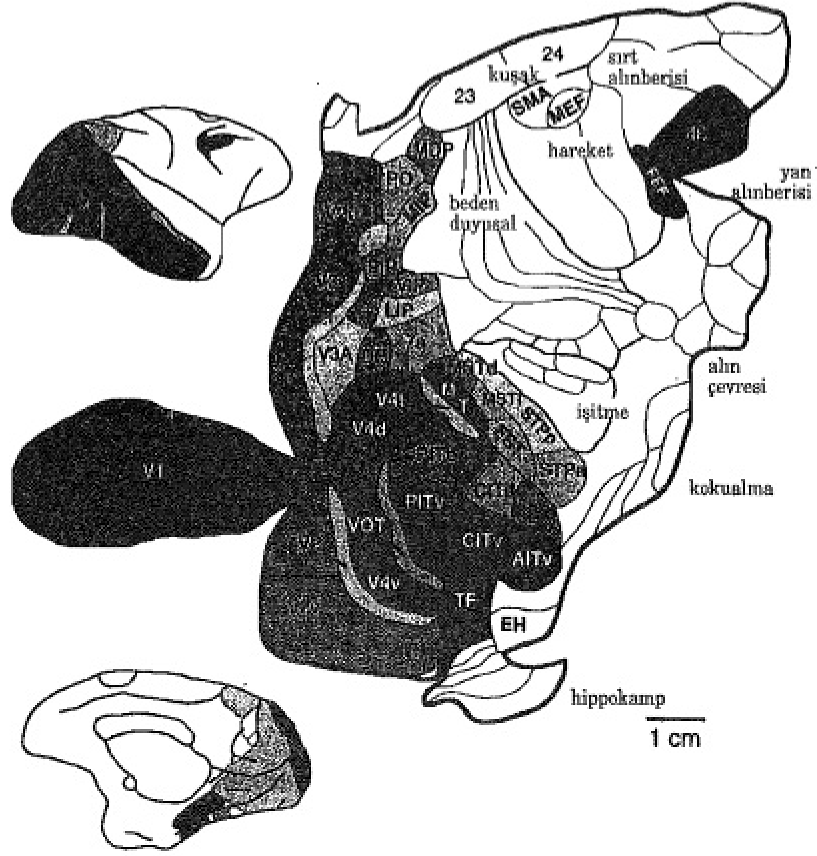
Bu haritayla iş bitmiş olmuyor. Örneğin 46. bölge (sağ üstte) daha altbölgelere bölünmeyi bekliyor. Bölgelerin çoğuna gösterişli adlar verilmiştir ama daha çok baş harfleriyle anılırlar (örneğin "middle temporal”, yani orta şakak, MT olarak; “ventral intraparietal” yani duvararası karmsal, VIP olarak bilinir). Geri kalanları ise Brodmann’m verdiği numaralara uygun numaralandırılmıştır (burada gösterilmiyor) ama bunların bazısı sonradan 7a ve 7b gibi altbölgelere ayrılmıştır.

*"Geriye doğru” diyorum, çünkü bilginin daha çok aktığı yön, yani ağtabakadan I .GN’ye, oradan Vl’e ve V2’ye, geleneksel olarak “ileri yön” sayılır. Yapay Zekâ konusunda çalışanlar buna aşağıdan yukarı derler; karşı yöne de yukarıdan aşağı. **Matematik bir deyişle, bazı yerlerdeki Gauss eğriliği sıftrdan çok uzaktır.



Şekil 47. Felleman ve Van Essen'dan[6] alınan bu şekil makakın beyin kabuğunu kıvrımlarının (beyin kesitleri matematik yöntemlerle işlenerek) elde edilmiş açınımını gösteriyor. Kabuğun kıvrımları açılmamış iki görünümü daha küçük bir ölçekte solda gösteriliyor. Sol üst köşedeki makak beyninin sağ tarafının dıştan görünüşü, sol alt köşedeki ise aynı yarıya içeriden bakıldığındaki görünüm. Çizgiler kıvrımları isimlerinin baş harfleriyle birlikte belirtiyor (örneğin PS, Principal Sulcus, yani Ana Oluk).
Asıl şekil kabuk tabakasının açınımını gösteriyor. Kalın kesikli çizgiler her kıvrımın dibini temsil ediyor. Yalnızca kıvrımın içindeki yüzeyler koyu tonlarla belirtilmiş. Eğri yüzeyin açınımındaki bozulmayı azaltmak amacıyla tabakada bazı kesimler yapılmış. Birinci görme bölgesi V1 bunlardan sola doğru çıkık duranının içinde kalıyor tamamıyla.

Asıl şekil kabuk tabakasının açınımım gösteriyor. Kaim kesikli çizgiler her kıvrımın dibini temsil ediyor. Yalnızca kıvrımın içindeki yüzeyler koyu tonlarla belirtilmiş. Eğri yüzeyin açımmmdaki bozulmayı azaltmak amacıyla tabakada bazı kesimler yapılmış. Birinci görme bölgesi VI bunlardan sola doğru çıkık duranının içinde kalıyor tamamıyla.



Şekil 48. Ana şekil makak beyninin bir tarafındaki (buradaki sağ taraf) çok sayıda değişik kabuk bölgesini gösteriyor. Kabuk tabakası Şekil 47'deki gibi açılmıştır. Soldaki iki küçük şekil (daha küçük ölçekte) beyin ortadan ikiye bölündüğünde sağ yarısının dışarıdan (yukarıdaki) ve içeriden (aşağıdaki) görünümlerini gösteriyor. Görmeyle ilişkili bölgeler koyu tonlarla belirtilmiş. Bunların isimleri çoğu durumda baş harfleriyle işaretlenmiş. Aralarındaki bağlantılar Şekil 52'de gösteriliyor. Bilginin ana akış yönü kabaca (soldaki) V1'den şeklin sağındaki, özellikle de sağ alttaki bölgelere doğrudur.

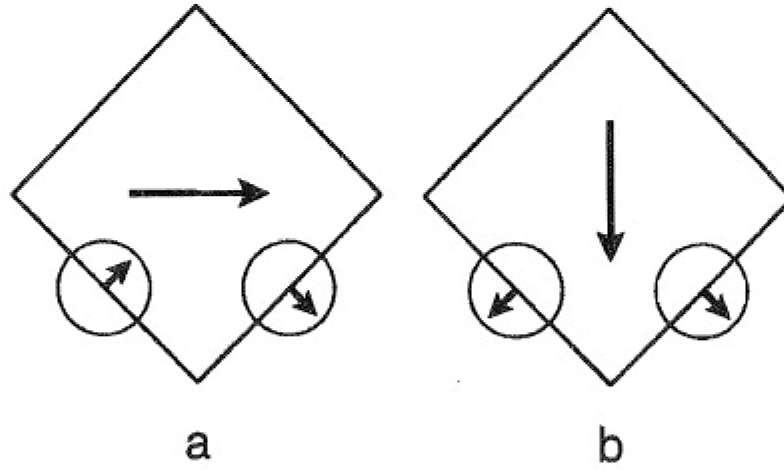
Bu görme bölgelerin pek çoğuna ilişkin bildiklerimiz eksik gedik olduğuna göre yalnızca iki tanesini, MT ve V4'ü kısaca anlatmakla yetineyim. MT kabuk bölgesi (bazen V5 de denir) küçüktür. Görüş alanının sağ yansının oldukça iyi bir retinötopik haritasını bulundurur ama nöronlarının uyan alanları VI ve V2›dekilerden genellikle daha geniştir. Nöronları uyannın hareketiyle ve bu hareketin yönüyle çok ilgilenir. Her bir nöron uyanların belli bir hız aralığı için ateşler. Bazısı daha çok hızlı hareketlere, başkalan da yavaş hareketlere tepki gösterir.

Bu nöronların tepkisinin çoğu kez bir nesnenin zemine göre hareketine bağlı oluşu ilk başta pek dikkat çekmemişti. Caltech'li John Allman bunun farkına vardı. O başka sinirbilimeilerden farklı olarak maymunlar ve doğadaki yaşamlarıyla çok ilgilenmektedir. Yakın zamana kadar maymunları evinde besliyordu. Onları doğal çevrelerinde incelemek için pek çok gezi yaptığından görsel çevrelerinin nasıl olduğunu çok iyi Öğrenmişti. Bu görsel çevreyi laboratuvarında son derece basitleştirerek de olsa taklit etmeye çalıştı. Çalışma arkadaşlarıyla birlikte uyarı olarak bir TV ekranında rasgele noktalardan oluşan bir şerit kullandı.[6] Bir nöron, uyarı alanında (şeritin boyuna dik olarak) örneğin görüş alanının sağ üst köşesine doğru hareket eden noktalardan oluşmuş bir şeride iyi ateşleyebiliyordu. Ama zemindeki noktalarda da aynı yönde bir hareket olduğunda nöronların ateşlemesinin azaldığını buldu. Zemin zıt yönde hareket ettiğinde ise nöronun hareket eden şeride ateşlemesi artmaktaydı. Dolayısıyla nöronun asıl ilgilendiği, yerel niteliğin komşu zemindeki benzer niteliğe göre hareketiydi. Bu daha önce değindiğimiz klasik olmaydn uyarı alanının en basit örneğidir. Olay her zaman bu kadar kolay açıklanamasa da*, böylesi nöronlardan oluşan bir topluluğun, nesnenin yalnızca belli bir niteliğine değil, nesnenin bağlamsal niteliklerine de tepki göstermeyi öğrenebilmesi beklenebilir.[7]

* Yakınlarda, Harvard Tıp Fakültesinden Riehard Bom ve Roger Tootel baykuş maymununda MTde her biri çok sayıda küçük sütunlarda toplanmış iki nöron türü bulunduğunu gösterdiler. Türlerden ilki kabaca burada anlatıldığı gibi davranıyordu, ikinci türde ise çevre karşıt etkide bulunmayıp nöronun ana tepkisini kuvvetlendiriyordu.

MT bölgesindeki nöronlardan bazıları harekete daha karmaşık biçimlerde tepki gösterirler. Bunların davranışları delik problemi denen olayla ile ilgilidir. Şekil 49'a bir göz atınız. Perdedeki küçük bir delikten düz bir çizgiye bakılıyor olsun. Bu çizgi, aslında daha uzun bir çizginin parçasıdır ama perde tamammı görmenizi engellemektedir. Çizgi hangi yönde hareket ederse etsin, delikten yalmzca çizgi parçasının kendi boyuna dik yönde ilerlediğim görürsünüz (Şekil 49'un altyazısı bunu ayrıntısıyla açıklamaktadır).

VI bölgesinde hareketin yönüne duyarlı bir nöron işte tam böyle davranmaktadır. Nesnenin tamamının gerçek hareketini değil de yalmzca çizgiye dik bileşeninin hareketini saptayabilmektedir. Ancak MT’deki bazı nöronlar gerçek harekete tepki gösterebilmektedirler, özellikle işaret birden fazla çizgiden oluşmuşsa. MT nöronlarının delik problemini çözebilenler ve (VTdekiler gibi) çözemeyenler olarak düzenli bir biçimde iki sınıfa ayrıldığı sonucuna varabilseydik pek hoş olurdu. Maalesef gerçek çok daha karışıktır. Nöronlar bu iki uç arasında her türlü davranış biçimini göstermekteler.[8,9] Bu, görme sisteminin üst katlarında nöronların tepkilerinin nasıl incelikli bir hal aldığım gösteren iyi bir örnek.



Şekil 49. Delik problemi. Eşkenar dörtgenin kenarlarını oluşturan dört çizginin hep birlikte (a) sağa ya da (b) aşağıya doğru büyük oklarla belirtilen yönde hareket ettiğini düşünün. Küçük daireler bir nöronun görüş alanına "baktığı" sınırlı açıklığı temsil etmektedir. Görme sisteminin ilk katlarındaki tek bir nöron bu delikten eşkenar dörtgenin ne yönde hareket ettiğini göremez. Ancak dairelerin içindeki küçük okların gösterdiği gibi kendi görüş alanındaki çizgi parçasına dik yönde bir hareketi saptayabilir. Eşkenar dörtgenin hareketi birden fazla nörondan gelen bilgiler değerlendirilerek –(a) ve (b) deki küçük okların yönleri karşılaştırılarak– bulunabilir.

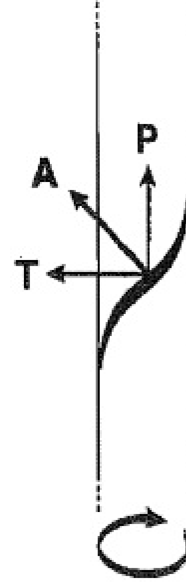
Gelen bilgi yanıltıcı ise beyin yanlış yorumlarda bulunabilir. Yakından bilinen bir örnek berber direği yanılsamasıdır: Direk aslında düşey ekseni çevresinde döner ama şeritler bize direk boyunca yukarı doğru* hareket ediyormuş gibi görünür. Kırmızı ve beyaz şeritlerin arasındaki bir nokta gerçekte direğin boyuna dik bir harekette bulunmaktadır. Ama beyin şeritleri direk boyunca hareket ediyor olarak görür. Bu Şekil 50’de gösteriliyor.

MT kabuk bölgesindeki nöronlar renklerin kendisiyle pek ilgilenmezler. Bununla birlikte bazıları, arasında aydınlık farkından değil de yalnızca renk farkından oluşan sınırların hareketine tepki gösterebilir. Böylelikle harekete oldukça kayıtsız kalan ama dalga boyuna karmaşık tepkiler gösteren V4 kabuk bölgesi** nöronlarından belirgin bir biçimde farklıdırlar. Alış alanları genellikle büyüktür ama bazı durumlarda bir nöron uygun görsel nitelikleri taşıyan küçük bir nesneye alış alanının her yerinde tepki gösterebilmektedir. Buradaki izdüşümün bazı karmaşık retinotopik özellikleri vardır ama bu Vl'de olduğu gibi basit bir retinotopik harita değildir.

Renge olan tepkilerin çoğu, renkli görme kuramlarından beklediğimiz gibi "çiftekarşıtlı tepki"lerdir. Daha önemlisi, Londra'da University College'da çalışan sinir fîzyoloğu Semir Zeki bu davranışın (daha önce dördüncü bölümde anlatılan) Land olayıyla ilişkisini göstermiştir.[10] Buradaki tepki yalnızca uyarı alanının merkezi ve çevresindeki ışığın dalga boylarına bağlı değildir; komşu yüzeylerden göze ulaşan dalga boylarından da büyük ölçüde etkilenir. Geniş anlamda yalnızca dalga boyuna değil, algılanan renge de tepki gösteriyorlar. Makakm V4'ündeki bir nöron değişik renkte dikdörtgen lekeler arasındaki kırmızı bir lekeye ateşliyordu, Zeki'nin kendisi de bu lekeyi kırmızı gördükçe. Lekeleri aydınlatan ışıktaki dalga boylarıyla oynayarak o lekeden ağtabakaya gelen dalga boylarını tamamen değiştirse bile aym sonucu elde ediyordu. Bu da nöronun davranışının ilgili bağlamdan etkilenmesinin bir başka örneği oluyor. Tek başına bir nöronun bağlama bir dereceye kadar tepki gösterebileceğini ruhbilimcilerin kabul etmeleri ve kuramsal modellerinde bunu göz önünde bulundurmaları önemlidir.

*Ya da, direğin dönme yönüne ve şeritlerin nasıl çizildiğine bağlı olarak, aşağıya doğru.

**V4 bölgesi çok büyüktür. Zaten Van Essen de onu üç altbölgeye ayırmıştır: V4t. V4d ve V4v.



Şekil 50. Burada berber direği yanılsaması görülüyor. Şekil direk üzerindeki çizgilerden yalnızca birini gösteriyor. Direk ekseni etrafında döndüğünden herhangi bir noktanın gerçek hareketini T ile belirtilen ok gösterir. O noktadaki küçük bir dairesel açıklıktan görünecek hareket ise A ile belirtilen ok yönünde olacaktır. Beyin A-türü harekete ilişkin bilgileri yanlış bir araya getirerek hareketi P oku yönünde algılar. Bu yanlışın nasıl yapıldığını açıklamak da kuramcılara düşen ödevlerden biri.

Görme bölgeleri bilindiği kadarıyla Şekil 48’de çizilmiş olmakla birlikte bunların aralarındaki bağlantılar gösterilmemiştir. Özetle ana işaret akışı soldaki VI kabuk bölgesinden başlar ve sağa (beynin önüne) doğru kabuğun görmeyle ilişkisi olmayan bölgelerine komşu olan bölgelere gider. Bu uzanımlarda da çoğu kez bir harita olayı vardır, yani yakın yerlere uzanan aksonların çıktığı nöronlar da birbirlerine yakındırlar. Daha üst katlardaki gibi, bölgede retinotopik bir izdüşüm olmasa da durum böyle olabilir.

Van Essen ve arkadaşları, ilk olarak sinir anatomieisi Kathleen Rocklarid ve Deep ak Pandya tarafından önerilen kaba bir çok basamaklı düzenlemeye göre görme bölgelerinin tümünü bir arada göstermeye giriştiler. Rockland ve Pandya’mn gözlemlerine göre A bölgesinin B’ye uzanımı ağırlıklı olarak 4. katmarta gidiyorsa, B’den A’ya geriye doğru olan uzanım 4. katmanı büyük ölçüde atlayıp 1. katman ile kuvvetli bağlantılar oluşturuyordu. Biz de bunu VI ile V2 arasındaki bağlantılarda gördük. Bu genelleme Şekil 51’deki çizimlerle basitçe tanımlanabilir. Gözden beyine doğru olan ağırlıklı olarak 4. katmana giden— uzanımlara “ileri uzanımlar”, karşıt yondekilere ise “geri uzanımlar” denir.

Dördüncü katmana ilişkin kural hep geçerli mi? Birtakım karışık durumlara yol açsa da, bilinen bağlantıların çoğunun Şekil 51’deki kurallar kullanılarak tek bir basamaklı planda gösterilebileceği anlaşılmıştır. Böyle

bir şemanın en yenisi Şekil 52’de görülüyor (Bu şemada her çizginin her iki yönde giden çok sayıda nöronu temsil ettiğini akıldan çıkarmayınız). Bu bağlantı şemasının ayrıntılarındaki karışıklık karşısında hemen korkuya kapılmayın; bundan görme sürecinin ne kadar karmaşık olduğunu anlamanız yeterli başka şeylerden anlamadaysanız hâlâ. Beyinlerinde böyle bağlantılar olduğunu aklının ucundan bile geçirmez çoğu kişi.

Dördüncü katmana ilişkin kurallarımıza aykırı bazı önemli kuraldışılıklar var. Örneğin kabuk bölgeleri arasında aynı düzeyde bağlantılar var. Basit kuralımız bunu kapsamadığından şemayı çizerken aslında biraz daha ayrıntıya inen kurallar kullanılmıştır. Düzenlemede yalnızca zayıf bir basamaklılık mı bulunduğu yoksa bu daha da karmaşık kurallara uymayan durumların deney hatalarından mı kaynaklandığı henüz bilinemememektedir. Ancak çeşitli bölgelerin kabaca basamaklıya yakın bir biçimde düzenlenebileceğinden şüphemiz yok. Gerçekten varlarsa kuraldışılıklarm özel bir önemi var mıdır? Bu soruyu ancak gelecek araştırmalar yanıtlayabilir.

*Bir pozitron bir elektronla birleşinceye kadar kısa bir yol kateder. Her ikisi de yok olurken kütleleri, birbiren zıt yönde giden iki gamma ışını biçiminde ışımaya dönüşür. Bu gamma ışınlarını sayaç halkalar kaydeder. Bilgisayar bozunmaların tümünden gelen ışıma verilerini birleştirerek gamma ışını kaynaklarının yerini saptamaya çalışır.

*Çok sayıda bulunan bir üçüncü sınıf, <fW hücreleredir. Bunların özellikleri karışıktır.

*Buradaki kuraldışı bastırıcı nöronlar “sepet hücre” denilen türdendir. Aksonları kabukta yatay yönde çok uzaklara, bir milimetre, hatta daha uzağa gidebilir. Bir başka nörona bağlandıklarında onun hücre gövdesi üzerinde ve dendritlerinin gövdeye yakın noktalarında çoklu sinapslar oluştururlar. O halde nöronun kritik bir bölgesinde oldukça güçlü bastırıcı etkide bulunabilirler. Bunun ne amaca hizmet ettiği tam olarak bilinmiyor. Avize hücre denilen bir başka ilginç bastıncı hücre türünün de ne işe yaradığı konusunda cahiliz. Bunların aksonları yalnızca piramit hücrelere ve yalnızca onların aksonlarının tam başladığı yerde çoklu bastırıcı sinapslar oluşturacak biçimde bağlanır.

*Lenin’in beynini kesip inceleyen Oskar Vogt’dur. Sovyet yetkilileri bu amaç için vermişlerdir ona.

*Şerit ve lekelerin oluşturduğu öıüntüler aynı türden olan maymunlarda bile kabaca benzemelerine karşın ayrıntılarda farklıdır. Hatta tek bir maymunda bile beynin bir tarafından ötekine farklılık

gösterir. 'Sağ eldeki parmak izlerinin soldakiyle aynı olmamasın nedeni de aynıdır: Ayrıntılar biraz da gelişim süreçlerindeki “kaza’lara bağlıdır. Bir kez daha, bir ölçüde düzenin bulunduğu ama ayrıntılarda kesinlikle kargaşalığın olduğu bir durumla karşı karşıyayız.

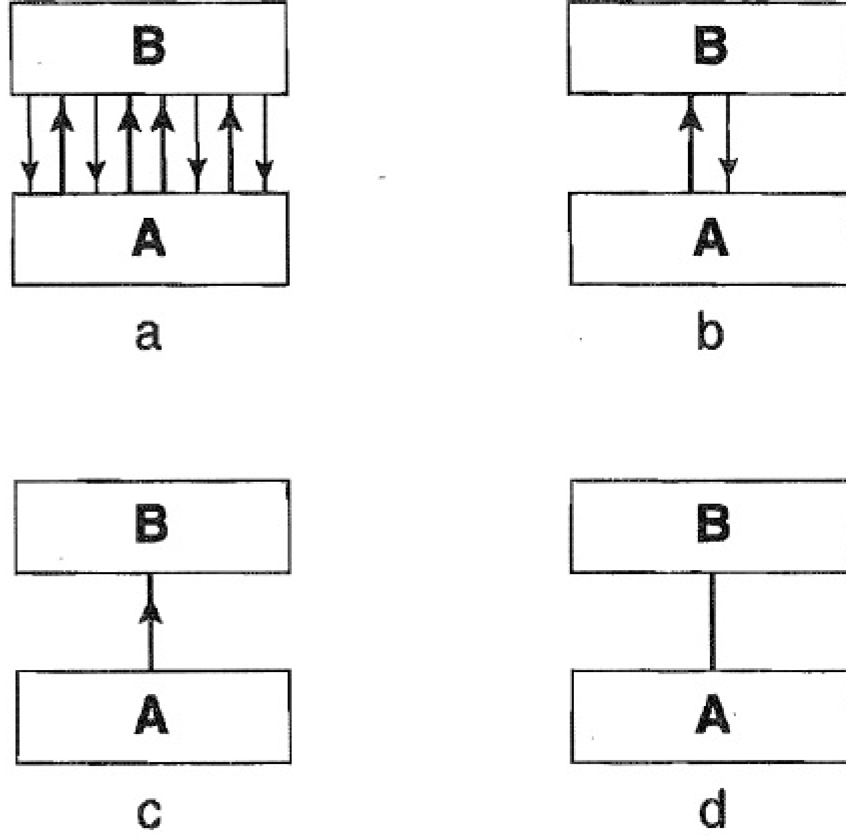
*Bu nöronların, görüntünün Fourier Dönüşümünü verecek biçimde işledikleri olasılığı epey tartışıldı. Gerçekten de bu kastediliyorsa çok saçma. Herneyse, “Gabor Dönüşümü” daha uygun gibi geliyor ama bu düşüncenin bile bir işe yarayıp yaramayacağı şüpheli. Kesin olan şu İd bazı nöronlar ince ayrıntılara (“uzaysal sıklığa”) daha iyi tepki gösterirken öbürleri kaba hatlara, ya da bu ikisinin ortasında bir duruma daha iyi tepki gösteriyorlar.

*İlki sönen bir kosinüs dalgasına, İkincisi de sönen bir sinüs dalgasına karşılık gelir.

*Bakış merkezinin ve görüş alanının enlem ve boylamlarının (Şekil 45’in sol tarafına bakınız) beyin kabuğunun (düzlenmiş) yüzeyi üzerindeki konumlarını belirten işaretleri izlemek işe yarayacaktır.

**“Aldatıcı sınır çizgileri” de denen öznel sınır çizgileri Şekil 2 ve 15’teki gibi aslında görüş alanında bulunmadığı halde gördüğümüz silik çizgilerdir.

Bir bölgeden Ötekine bağlantıların çoğu ya aynı düzeyde, ya da bir düzeyden aşağı ya da yukarıya ise de, varlığı doğrulanmış kuraldışılıklar yani aradaki katlan atlayan bağlantılar olduğunu gözden kaçırmayınız. Buna bir örnek VI bölgesinden 4 kat yukarısındaki MT’ye olan bağlantıdır. Bağlantıların karşılıklı olduğu kuralı hemen her zaman geçerlidir, ama yine buna uyulmayan durumlar olmaktadır.[1] Bu arada Şekil 52’de bağlantıların kuvveti (örneğin her çizginin kaç aksonu temsil ettiği) gösterilmeye çalışılmamıştır, çünkü bu konudaki veriler çok azdır. Bu şekilde bazı çizgiler milyonlarca aksona karşılık gelirken öbürleri yüz bin hatta daha azım temsil etmektedir



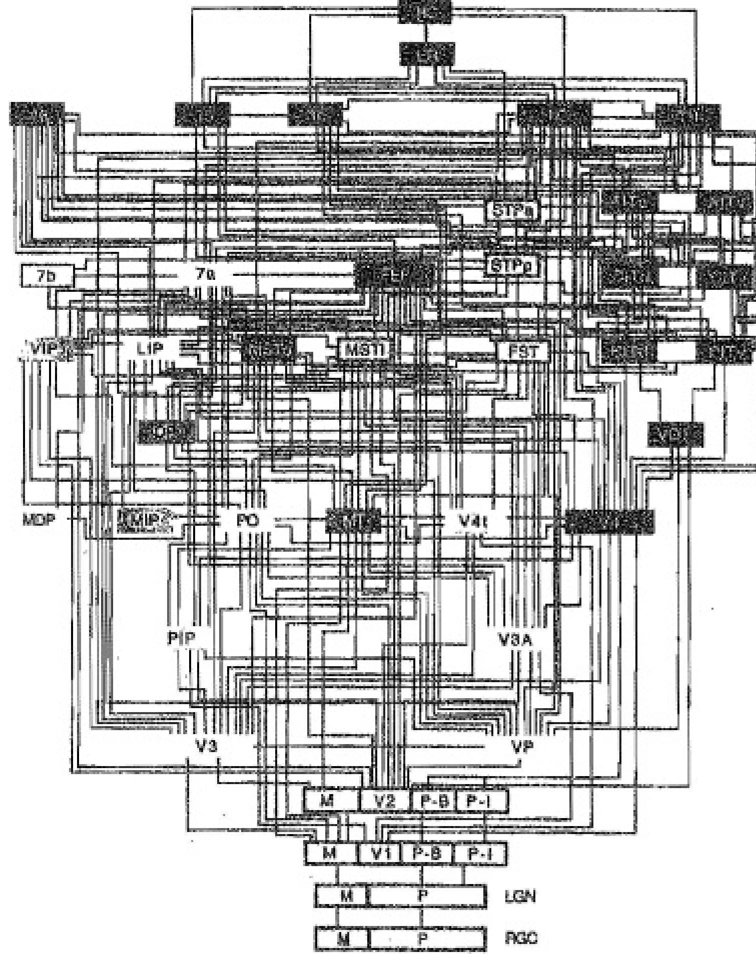
Şekil 51. Burada Şekil 52'de kullanılan gösterim kurallarından örnekler veriliyor. Yalnızca A ve B olarak adlandırılan iki kabuk bölgesi gösterilmiş. Aralarında (a) da görüldüğü gibi her iki yönde pek çok bağlantı var. Bunlar (b) deki gibi, biri A'dan B'ye, öbürü de karşıt yönde iki ok ile temsil edilebilir. İşi daha da basitleştirmek üzere, (c) deki gibi ikinci çizgi ortadan kaldırılıp bilginin yalnızca ana akış yönü tek bir ok ile temsil edilebilir. Hatta oku da silip (d) deki gibi bir çizgiyle yetinebiliriz. Bu son durumda bilginin (ileri yön denilen) ana akış yönü daima yukarıya doğru kabul edilir, o nedenle B, A'nın üstünde çizilmelidir, tersine değil.

Beyin kabuğunda komşu bölgeler hep birbirine mi bağlıdır? Bekleyebileceğiniz gibi evet öyledir, ama burada da birkaç kuraldışılık vardır.

Çok basamaklı düzenlemeyi destekleyen biraz değişik bir kaynak daha var: Değişik bölgelerdeki nöronların tepkilerinin genel doğası. Yukarı basamaklara çıktıkça bu davranış kabaca iki kuralı izlemektedir: Uyarı alanları genişler; öyle ki en üstteki katlarda görüş yanalanımn tümü, hatta (büyük birleşek bağlantısıyla) görüş alanının bir kısmı ya da tamamı kaplanabilir. Bir de nöronların tepki gösterdikleri nitelikler karmaşıklaşır. V2 bölgesindeki bazı nöronlar belli öznel sınır çizgilerine, MT bölgesindekiler ise daha az basit bir biçimde hareketlere tepki gösterirler

(gördüğümüz gibi delik problemim kısmen de olsa çözerler). MST'deki nöronların bazısı görüş alanında yakınlaşan bazısı da uzaklaşan bir nesneden gelen ışığa bağlı hareketlere ateşler. V4'teki nöronlar yalnızca ışığın dalgaboyuna değil, algılanan renge de tepki gösterir.

Daha üst bölgelere gelince bir yüzün önden görünüşüne tepki gösteren nöronlarla karşılaşıyoruz. Ancak bunlar yüzün bakış noktasına göre ne konumda olduğu, hatta dik mi eğik mi durduğuna pek aldırış etmiyorlar. Böyle bir nöron göz, burun, ağız vb'nin rasgele yerleşiminden oluşmuş bir resme hemen hiçbir tepki göstermiyor. Başka nöronlar ise yüzün yandan görünüşüne tepki gösteriyor en çok. Öte yandan 7 abdaki nöronlar bir nesnenin ne olduğundan çok kafaya ya da gövdeye göre nerede olduğu ilgililer daha çok. Bunlar yüzler için anlattığıma benzer biçimde alt şakak bölgelerinin ("inferotemporal," CITd gibi baş harflerinde IT bulunan) görevidir. Eminiz ki daha bilmediğimiz daha bir sürü karmaşık tepkiler var.



Şekil 52. Bu şekil kabuktaki değişik görme bölgeleri arasındaki sayısız bağlantıları gösteriyor. Şekil 51'deki kural kullanılarak her bir çizgiyle her iki yönde giden çok sayıda akson temsil ediliyor. Şeklin dibinde RGC ile belirtilen kutu gözün ağtabakasındaki boğum hücreleridir. LGN talamus'un parçasıdır. Burası dört parçalı birinci görme bölgesi V1'e uzanır. İkinci görme bölgesi V2 de dört parçalı olarak V1'in üstünde görülüyor. Değişik bölgeleri belirten adlar oldukça keyfi seçildiğinden okuyucuyu ilgilendirmemeli. En üstte HC hippokamp, ER ise ona giden burun içsel kabuktur. Bu düzenleme tam anlamıyla basamaklı değildir, yazıda da anlatıldığı gibi. Şekil 48'de görülen öteki (görmeyle ilgili olmayan) kabuk bölgeleri bu şekilde gösterilmiyor. Felleman ve Van Essen'in orijinalinden Suzuki ve Amaral değiştirerek çizmiş.

O halde genel olarak her bölgeye alttakilerden bir çok girdi geliyor (Daha en alt bölgeler bile VI bölgesinin tepki gösterdiği oldukça basit niteliklere göre çok daha karmaşık özellikleri bulup çıkarmış dürümdalar). O da bu girdilerin bileşimini alıp işleyerek daha karmaşık niteliklere dönüştürüyor ve bunları üst katlara iletiyor. Bilgi üst katlara biraz ayrı ama etkileşimli yollardan aynı zamanda varıyor. Bunun örneğim ağtabakadan gelen M ve P işaretlerinin kısmen ayrılmasında, Vl'den V2'ye giden üç akımda ve daha üst katlardaki “ne” ile “nerede” akışlarında görüyoruz.

Ancak bu akışlar arasında hep bir miktar karışma bulunduğunu da vurgulamalıyız.

Peki geri giden yollar ne oluyor? Bunların ayrıntılarının ivedilikle araştırılması gerekiyor. Bunlara çeşitli görevler yükleyebiliriz. Belki daha önce değindiğimiz klasik olmayan uyarı alanlarını oluşturmaya yardım ederek üst katlardaki etkinliğin alt katlardaki tepkileri etkilemesini sağlıyordurlar. Belki de alt katlara işlemlerin daha kapsamlı bir düzeyde başarıyla sonuçlandığını bildiren ve dolayısıyla anımsanması yani sinapslarda değişiklik yapılıp bu niteliğin ileride daha kolayca sezilmesini sağlayan düzenin bir parçasıdırlar. Dikkat düzeneği ve görsel imgeleme için gereken düzeneklerle yakından ilgileri olabilir. Nöron titreşimlerini eşzamanlamaya yardım ediyor olabilirler (Bkz. on yedinci bölüm). Bunlar en yakın olasılıklar, ama doğru yanıtın bunlardan biri mi yoksa başka bir şey mi olduğunu zaman gösterecek.

Ayrıca bu sistem bir anlık, durağan bir tepki düzeneği olarak da görünmüyor. Pek çok geçici, oldukça hızlı ve dinamik etkileşimlerle işliyor olmalı. Son olarak da burada anlattığım her şeyin insanlar için değil makak maymunu için geçerli olduğunu unutmayalım. Bizim görme sistemimizin makakınkine benzediğini varsaymak akla yakın ama yine de bir varsayım yalnızca. Bilebildiğimiz kadarıyla yalmzca ayrıntıda değil karmaşıklık düzeyi açısından da farklı olabilir.

Yeni kabuğun bir gizemi var ise, bu, çok basamaklı işlem yapısına, özellikle üst basamaklarda evrim sonucu yeni katlar ekleyebilme yeteneği olmalı. İnsan gibi evrimin üst düzeylerindeki memelileri, kirpi gibi daha alttakilerden ayıran işte bu ek işlem katları olsa gerek. Yeni kabuğun her bir bölgesi karmaşık ve basamaklı bir işlem yapısının bir parçası olsa da, her bölgede deneyimlerden yeni sınıflandırmalar oluşturmayı sağlayan Özel öğrenme algoritmaları kullanıldığını sanıyorum. Beyin yeni kabuğunu böyle karmaşık biçimde basamaklı olmayan beyincik ve çizgili cisim gibi öteki sinir yapılarından ayırt eden bu yetenek olmalı.

Bu düşünceler spekülasyon düzeyinde ama yine de açık olan şu: Her biri görsel uyarılan değişik ve karmaşık biçimlerde işleyen çok sayıda görme bölgesinin arasında, içindeki nöronların etkinliği gözlerimizin önündeki dünyanın canlı resmine tam karşılık gelebilecek bir bölgeye

rastlayamadık. Şekil 52’ye bakılınca bunun en üst katlardaki çok daha karmaşık yapılarda, örneğin hippokamp ve onunla ilişkili (HC ve ER) kabuk yapılarında yer aldığını düşünebiliriz. Ama on ikinci bölümde öğreneceğiz ki bu bölgelerin tümünü (beyninin her iki tarafında) yitiren bir kişi oldukça iyi gördüğünü söylüyor ve gerçekten de iyi görüyormuş gibi iş görebiliyor. Özetle, beynin resmi nasıl parçalara ayırdığını görebiliyoruz ama nasıl bir araya getirdiğini anlayamıyoruz henüz. Görüş alanımızdaki tüm nesnelerin ve bu nesnelerin davranışlarının o çok iyi düzenlenmiş ayrıntılı görsel farkındalığını nasıl kurabiliyor?

XII. Bölüm Beyinde Hasar

Yıkıntılar içindeki bir insan beyni yanında, bütün terkedilmişliği ile Babilin harabeleri bile korkunç sayılmaz,

Scrope Davies

Sinirbilimciler yıllar boyunca beyinleri çeşitli biçimlerde hasar görmüş hastalan incelediler. İnmenin, kurşun yarasının, yangılanmanın, ya da başa gelen bir darbenin neden olabildiği bu zedelenmelerin büyük çoğunluğu görsel farkındalığı bozarken konuşma ve hareket gibi yetenekleri yerinde bırakabiliyor. Elde edilen veriler beyin kabuğunda şaşdacak derecede işlevsel bir uzmanlaşmanın bulunduğuna işaret ediyor.

Çoğu durumda beyindeki hasar “temiz,” yani belli bir yerde, değildir. Hızla gelen bir kurşun beynin kabuk bölgelerine saygılı davranmaz. (Canlı beyin kabuğunun dokusu muhallebi kıvanmadadır, Pipetle parça parça emilebilir.) Birkaç kabuk bölgesinin birden hasara uğraması olağandır. En ilgi çekici olay kafanın iki tarafında da birbirine karşılık gelen bölgelerin hasara uğramasıdır, ancak bu durum oldukça enderdir.

Pek çok sinir doktora için yaralı hastayı muayene süresi çok kısadır hasarın nerede olabileceği yönünde akıllıca bir tahmin yürütecek kadar. Son zamanlarca bu tür detektiflik çalışması da yerini büyük ölçüde beyin tarama aygıtlarına bıraktı. Geçmişte birbirine benzeyen bir düzine kadar olay hirlikte rapor edilirdi, çünkü tek başına bir yaralanma olayını tanımlamanın

pek bilimsel olmayacağı düşünülüyordu. Maalesef bu aslında farklı plan bazı hasar türlerinin aynı kefeye konmasına yol açtı.

Yakın zamanlardaki gelişmeler bu uygulamayı bir ölçüde diizeltti. Şimdi algılamanın ya da cjnvranışın yalnızca belli bir özelliğinde değişildik görüldüğü az sayıdaki olaylara da dikkat ediliyor. Bu durumda olan hastalar daha sınırlı ve dolayısıyla daha belirgin bir hasar görmüş oluyorlar. Beyin taramasıyla da hasarın yerinin belirlenmesine çalışılıyor.* Canlı hasta işbirliği yapabilecek bir durumdaysa, birtakım ruhbilimsel ve başka testler uygulanarak neyi yapıp yapamadığı ya da görüp göremediği bulunabiliyor. Bazı olaylarda bu testlerin yıllarca sürdüğü olmuştur. Görsel süreçlere ilişkin düşüncelerin ayrıntıları geliştirildikçe, bu düşünceleri sınayacak deneyler de gitgide daha incelikli ve kapsamlı olmaya başladılar. Şimdi bunlar beynin bu değişik ödevleri yerine getirirkenki etkinliğini kaydeden beyin taramalarıyla birleştirilebiliyor. Hasarları, belirtileri veya her ikisi de benzer olan birçok hastadan alman bu sonuçlar, hastaların karşılaştırılıp farklılıklarının ortaya konmasında kullanılabilir.

Konuya giriş için akla gelen ilk örnek Vl’deki, yani çizgili kabuktaki hasarlar. Beynin bir tarafındaki VI tümüyle tahrip olmuşsa hasta görüş alanının karşı yarısında görmez oluyor. Bu bölümün sonuna doğru “karşı görüş” denen acayip bir olay ayrıntısıyla ele alınacak. Şimdilik buna değil de çok basamaklı görme sisteminin en üst katlarının ve yalnızca sağ tarafın uğradığı hasarın etkisine bakalım. Bu tür bir hasarın sonucu “yarıyı ihmal” ya da “bir yanı ihmal” olarak adlandırılır. Hasara uğrayan bölge makak beynindeki 7a bölgesine karşılık gelir (Bkz. Şekil 48). Beyin atardamarlarından birinde oluşan, halk arasında inme denilen dolaşım bozukluğu sonucudur çoğunlukla.

Hastalığın ilk aşamalarında belirtiler aşırı görünebilir, hastanın gözleri ve kafası sağa dönük durur. İyice ağır vakalarda hasar öyle yaygındır ki hasta sol yanındaki duyu ve denetimi tümüyle yitirmiştir, sol bacağımı! kendine ait olduğunu yadsıyabilir. Adamın biri yatağında bir yabancı bacak bulunmasından öylesine rahatsız olmuş ki onu tutup yataktan aşağı atıvermiş ve şaşkınlık içinde yerde bulmuş kendini.

*Hasar (örneğin kanser ya da Alzheimer hastalığındaki gibi) ilerleyen türden değilse, hastanın Ölümünden heüıen sonra beynini açıp inceleyerek hasarın yeri belirlenebilir ama çoğu zaman bunu uygulamaya olanak yoktur.

Bu ölçüde ağır vakaya pek az rastlanır. Birkaç gün sonra belirtilerin şiddeti azalır ve yok olur. Hasta örneğin tabağının sağ taralındaki yemeği bırakır. Bir saat ya da bir yüz çizmesi istendiğinde tipik bir biçimde yalnızca sağ yarısını çizer. Birkaç hafta içinde beyin kısmen iyileştiğinde yarıyı ihmal iyice azalır, ama hasta sol tarafa daha az ilgi göstermektedir hâlâ. Bir doğru parçasını ortadan ikiye böl dendiğinde ortadan sağa doğru böler. Ancak sol tarafında bir körlük yoktur. Tek başına solda duran bir nesneyi görür ama sağ tarafta dikkat çeken bir şey varsa soldakinin farkına varmayabilir. Üstelik çoğu kez bir şeyi gözden kaçırmakta olduğunu da inkar eder.

Yarıyı ihmal olayı görsel bilinçle sınırlı kalmaz, görsel hayal gücünü de etkiler. Bunun klasik bir örneği İtalyan Edoardo Bisiach ve arkadaşlarınca kaydedilmiştir.[1] Hastalarına, akıllarından Milano kent meydanının bir ucunda yüzleri katedrale dönük durduklarını geçirmelerini ve bu durumdayken göz önüne getirdiklerini anlatmalarını istemişler. Hastalar o noktadan bakıldığında sağ tarafta kalan binaların ayrıntılarını bilebilmişler. Sonra aymsını bu kez karşı taraftan, katedrale sırtları dönükken anlatmaları istenmiş. O zaman daha önce söylemeyi unuttukları, bu kez sağda kalan ayrıntıları bilebilmişler.

Beyin hasarının bir başka çarpıcı biçimi, renkleri görme yeteneğinin kısmen ya da tümüyle yitmesine yol açar. Hasta her şeyi grinin tonlarında görür. Buna “renk seçmezliği” denir. îlk kez “kimyanın babası” olarak bilinen Robert Doyle tarafından 1688’de rapor edilmiştir. Oliver Sacks ve Robert Wasserman 1987’de The Neıv York Review ofBooks dergisinde böyle bir vakayı anlattılar.[2] Hastaları New York’lu soyut ressamı Jonathan I.’mn renklerle ilgisi öylesine derinmiş ki müzik dinlemek bile onu “içindeki renk dünyasında engin bir heyecana” ulaştırıyormuş. “Eşduyum” denilen bu olay, geçirdiği trafik kazasından sonra yok olmuş ve müzikten eskiden duyduğu gibi bir haz alamaz olmuş.

Hasar, oldukça hafif atlattığı bir kaza sonucuymuş. Jonathan I. geçirdiği bir anlık baygınlık dışında burnu bile kanamadan kurtulmuş. Polise kazaya ilişkin ifadesini gayet açık seçik verebilmiş ama hemen sonra şiddetli bir baş ağrısıyla birlikte kazayı ammsayamaz olmuş. Deliksiz bir uykudan sonra ertesi sabah yataktan kalktığında ise okuma yeteneğini yitirmiş bulmuş kendini. Okuma yeteneği birkaç gün sonra yerine geldiyse de renkleri seçmedeki zorluğu gitmemiş. Renklerde bir değişim olduğunu hissetmemiş önce.

Bunu ikinci günde anlamış. Parlak güneşli bir gün olduğunu bilmesine karşın arabasıyla stüdyosuna giderken dünya ona sanki bir Sis perdesinin ardındaymış gibi görünmüş. Stüdyoya varıp da pırıl pırıl renkli tablolarını “gıpgri ve tümüyle renkten yoksun” görünce yıldırım çarpmışa dönmüş.

Sacks ve Wasserman bu acımasız sakatlığın ruhbilimsel etkilerim çok ayrıntılı ve canlı olarak anlatıyorlar. Bu, eski bir siyahbeyaz filmi izlemekten ne kadar daha kötü olabilir diye düşünülebilir de, Bay I.’mn hissetikleri bundan çok daha feci imiş. Yiyeceklerin çoğu iğrenç görünüyormuş ona, örneğin domatesler kara kara imiş. Karısının teni fare renginde göründüğünden sevişmeyi düşünemez olmuş. Üst düzeyde gelişkin görsel imgeleme yeteneği de artık renk körüymüş. Hatta rüyaları bile eski canlı renklerini yitirmişler.

Bay I.’üın gri tonlama aralığı, özellikle şiddetli gün ışığında çok daraldığından, hafif ton farklarını ayıramıyormuş. Genel olarak ışığın dalga boylarına olan duyarlığı normalmiş; yalnızca kısa dalga boylarında (“mavi” bölgede) ek bir duyarlılık zirvesi edinmiş. Bu da mavi gökyüzündeki bulutları görmesini engelliyormuş. Ayrıca çok yakından görmedikçe insan yüzlerini tam yamıy ormuş. Görüşü daha keskinmiş gibi geliyormuş ona oysa, çünkü nesneler daha açık seçik ve çok kontrastlı görünüyormuş, neredeyse siluet gibi. Hareketleri seçme özelliği ise anormal ölçüde duyarlık kazanmış; “bir blok öteden bir solucanın oynadığım görebiliyorum” diyormuş. Hele geceleri öylesine iyi görebiliyorinuş ki dört blok öteden otömobillerin plakalarını okılyabiliyormuş. Bundan ötürü kendi deyişiyle “gecelerin insanı” haline gelmiş s Çünkü gece karanlığında dolaşırken görme yeteneği başkalanmnkinden aşağı kalmıyorimış.

Bay I.'nın renk farkındalığını yitirmesi dışında görme işlevi başka yönlerden pek etkilenmemiş. Yalnızca gri tonlarına duyarlığı azalıp harekete duyarlığı artmış. Hasarın ikiyanlı olduğu kesin, çünkü görüş alanının her iki yansını da etkilemiş (bazı renk seçmezliği vakalarında tek yarı etkileniyor) ve de geç oluşmuş, çünkü renk farkındalığı ancak iki gün sonra tümüyle yok olmuş. Kısa dalga boylu (mavi) ışığa duyarlılık artmamış olsaydı hasar P sis temindedir (şekil ve renkle ilgili olanı) ve artık görme görevi hasar görmemiş M sisteminde (hareketle ilgili olanı onuncu bölüme bakınız) kalmış diyecektik.

Bay I.'nm beyni hem MRI hem de (kabaca) CAT taramasıyla incelenmiş ama hasar yeri görülememiş, bundan dolayı hasarın beyin kabuğunda olup olmadığı açığa kavuşmamış. Ancak daha Önceki vakalara baktığımızda renk seçmezliğine, beyin kabuğunda insanın görme sisteminin en üst düzeylerinde (art kafa lobunun karın ortay kesiminde) bir hasarın yol açtığım biliyoruz.

Beyin hasarının yol açtığı en çarpıcı kusurlardan bir başkası da "yüztammazlığı" olarak bilinen yüzleri tanıyamama olayı. Geçen yüzyılda İngiltere'nin başbakanlarından birinin böyle bir özürü vardı. En büyük oğlunun yüzünü bile tanıyamaz olmuştu. Yüztammazlığı çok değişik biçimlerde olabiliyor, beynin uğradığı hasarın hastadan hastaya çok değişik olmasından ötürü herhalde. Hastanın sorunu genellikle yüzü bir yüz olarak tanımaktan öte, kimin yüzü olduğunu, eşinin mi, çocuğunun mu, ya da yakın bir arkadaşının mı olduğunu çıkaramamak. Yüztammazlığı olan kişi çoğu zaman fotoğraftaki kendi yüzünü bile tanıyamaz. Hatta aynadaki yüzünün bile, gözünü kirptığındâ karşısındakinin de gözünü kırptığını gördüğü halde, kendisinin olduğunu anlayamaz. Karısını sesinden ya da yürüyüşünden tanıyabilir, ama yalnızca yüzünü gördüğünde bilemez.

Hasar çok ileri gitmediyse yüzün parçalarını gözleri, burüu, ağzı vb ve birbirlerine göre konumlarını tanımlayabilir. Görsel taramayı normal olarak yapabilmektedir. Bazı vakalarda hasta tanıyamadığı yüzlerin fotoğraflarını eşleştirebilmesine karşın, daha önce bildiklerinin bile kimlerin olduğunu çıkaramaz.

Yüztanımazlığı ikiyanlı renkseçmezlikle birlikte görülebilir, ama zaten hasarın (çoğu zaman bir inme sonucu) tek bir kabuk bölgesiyle sınırlı

kalması için bir neden yoktur. Gerçekten de yüztanımazlığına birtakım başka kusurlarla birlikte rastlanır.

Sinirbilimci Antonio Damasio yüztanımazlığı araştırmalarına çok Önemli katkılarda bulunmuştur.[3] Bu olay yüz tanıma zorluğuyla sınırlı kalmamaktadır, iyi bilinen vakalardan birinde bir çiftçi daha önce tek tek adlarıyla bildiği ineklerini tanıyamaz olmuş. Damasio bunun ötesine geçti. Arkadaşlarıyla birlikte pek çok vakada hastanın, oldukça benzer nesnelerden oluşmuş bir sınıfın tek tek bireylerini tanıyamadığını gösterdi. Örneğin bir hasta otomobilin otomobil olduğunu kolayca biliyor ama Ford mu RollsRoyse mu olduğunu söyleyemiyordu. Her ikisinin de cankurtaran ya da itfaiye arabasından farklı olduğunu ayırt edebiliyordu, otomobilden yeterince değişik olduklarından herhalde. Bir gömleğin gömlek olduğu biliniyor da takım elbiseyle giyilen bir gömlek olduğu anlaşılamıyor.

Damasio ve arkadaşları, bir de yüzlerin kimliğini çıkaramayan ama yüz ifadelerinin ne anlama geldiğini ve yüze bakınca yaşı ve cinsiyeti tahmin edebilen bazı hastaların olduğunu buldular.[4] Yüztanımazlık çeken başka hastalar bu tür yeteneklerini yitirmiş oluyorlardı. Bu sonuçlar, yüz tamma işleminin çeşitli yanlarının beynin değişik yerlerinde gerçekleştirildiğini öneriyor.

Yüztanımazlığı ve bunun temelindeki düzeneklerin tam olarak, nasıl tanımlanacağı konusunda bir miktar anlaşmazlık var. Damasio bunun genel bir anımsama bozukluğu olmadığını vurguluyor, çünkü böyle bir anı başka duyular aracılığıyla (örneğin işitsel) tetiklenebiliyor. Her bir tür vakadaki düzeneklerin neler olduğu ileride bulunabilecek.

Hastanın hareket türlerinin çoğunun farkına varamaz duruma geldiği Önemli bir vakayı ruhbilimci Joseph Zihl ve arkadaşları kaydetmişler.[5] Hastalarının haşan ikiyanlıymış ve beyin kabuğunun her iki tarafında, birden fazla bölgeyi etkilemiş. İlk kez muayene edildiğinde hasta çok tedirgin bir haldeymiş. Bunda şaşılacak bir şey yok, çünkü bir yerde gördüğü nesneler ve kişiler o farkında olmadan hareket edip bir başka yerde karşısına çıkıveriyorlar. Bu özellikle caddeden karşıdan karşıya geçerken çok sıkıntı veriyormuş, çünkü ilkin uzakta gördüğü bir araba birdenbire yakınında bitiveriyormuş. Çaydanlıktan bardağa çay koyarken gördüğü

yalnızca donup kalmış parıldayan bir sıvıdan yay parçasıymış. Bardaktaki çayın yükselişini göremediğinden çoğu zaman taşırır mı ş. Dünyayı, diskolara giden bazılarımızın çakan strobo flaşların ışığında dans pistini gördükleri gibi kesikli olarak izliyormuş.

Hepimiz için bu sorun var ama çok daha yavaş bir zaman Ölçeğinde. Saatin akrebinin hareket ettiğini görmeyiz ama bir zaman sonra baktığımızda başka bir yerdedir. Yani hareketin doğrudan farkında olmasak bile bazı şeylerin hareket ediyor olabilecekleri düşüncesine yabancı değiliz. Ama günlük yaşantımızdaki zaman ölçeğinde bu bir sorun yaratmıyor. Hareketin ta kendisini, iki ayrı zamandaki ayrı gözlemlerden mantığımızla çıkarmaya gerek duymadan, saptayabilmek için özel bir sistemimiz olduğu açık.

Ayrıntılı deneyler hastamn belli birtakım hareket biçimlerini sezebildiğini göstermiş. Bunlar iyice bozu İmiş dar kapsamlı düzeneklerle sağlanıyor olmalı, ancak daha geniş kapsamlı hareket bağlantılarını kuran düzenekleri ise bozulmuş. Görmesinde çoğu hareketle bağlantılı başka kusurlar da varmış ama örneğin renkli görebiliyor ve yüzleri tanıyabiliyormuş ve bu bölümde daha önce anlattığım ihmal olayı gibi bir hatası yokmuş.

Beyin hasarının yol açtığı daha bir sürü başka görme kusurları da var. Kaydedilen iki ayrı vakada hastalar derinlik algısını yitirmişler. Dünyayı ve üzerindeki insanların ve başka nesnelerin tamamını bir düzlemde görüyorlarmış. Capcanlı üçboyutlu bir kişi hareketli bir kartondan şekil gibiymiş, çünkü vücudunun yalnızca ana hatları görünüyormuş. Başka vakalarda hasta nesneleri normal bakış açısından görünce tanıyabiliyor, ama alışılmışın dışındaki, Örneğin bir tavaya tam tepeden bakıldığı gibi durumlarda tanıyamıyormuş.[6]

Glyn Humphreys ve Jane Riddoeh adlı iki İngiliz ruhbilimcisi birtakım görme kusurları olan bir hastayı beş yıl boyunca izlemişler. Hasta hem renkli görmeyi yitirmiş, hem de yüzleri tamyamıyormuş.[7] Görme sorununun, nesnenin niteliklerini tek tek görmesine karşın bunları ilişkilendirememesinden kaynaklandığını göstermişler. Bundan ötürü hasta bir çizime bakıp aynısını gayet doğru olarak çizebildiği, anlatım yeteneği

bulunduğu ve inme olayından önce bildiği şeyleri sözle akıcı biçimde tasvir edebildiği halde çizimdeki nesneyi tamyamıyormuş. Bu vakalar önemli, çünkü üst düzeyde görmeyi kısmen yitirmiş bir kişinin daha alt düzeylerde görsel olarak tamamen farkında olduğunu gösteriyor. Bu da gördüğümüz her şeyi kaydeden tek bir kabuk bölgesi olmadığı savını destekliyor.

Görme kusurlarının içinde öylesine şaşırtıcı bir tanesi var ki bazıları bunun gerçekten var olduğundan kuşkulular. Buna Anton hastalığı, ya da "körlük yadsınması" deniyor. Hasta apaçık kör olmasına karşın bu gerçeğin farkında değildir.[8] Doktorun kravatını tarif et dendiğinde hasta kırmızı benekli mavi bir kravat diyebiliyor, aslında doktor kravat takmamış olduğu halde. Biraz sıkıştırıldığında ise odadaki aydınlatmanın yetersiz olduğunu "itiraf' edebilir.

İlkin böyle bir şey olanaksızmış gibi gözükebilir. Ya da tıbbi olarak histeri tanısı konulabilir M bu da pek yardımcı olmuyor. Bir de şu olasılığı düşünelim: Daha önce tanımadığım biriyle telefonda konuştuğum zaman çoğu kez istemeden kafamda o kişinin kabaca nasıl bir görünüşü olabileceğini canlandırdığımı fark ediyorum. Elli yaşlarında, ince uzun ve çerçevesiz cam gözlüklü olduğunu kafamda canlandırdığım biriyle birkaç kez uzun uzun telefonda konüştüydum. Daha sonra beni görmeye geldiğinde karşıma otuz yaşlarında ve oldukça şişman bir adam çıktı. Onu daha önce başka türlü zannettiğimi de zaten bu görüntüye duyduğum şaşkınlık sonucu fark ettim.

Sanırım körlük yadsınmasına uğramış bir kişi de bu tür imgeler üretiyor. Beynindeki hasar dâ öyle ki bu imgeler normal olarak gözlerden gelen işaretlerle çekişmek durumunda kalmıyor. Buna ek olarak başka bir yerdeki basar sonucu bunda bir bata olduğıi yolunda uyanda bulunması gereken özelliği de yitirmiş durumda. Bu açıklamanın doğruluğu sınanmış değil ama en azından bu vakayı hepten anlaşılamaz olmaktan kurtarıyor.

Değişik kabuk bölgelerinin hasardan etkilenmelerinde ortak bir yön var mı acaba? Damasio arkaya doğru gelen hasarların, insanda şakak bölgesini (kafanın her iki yanım) öne doğru gelenlerden farklı bir özellikte etkilediğine işaret ediyor.[9] Şakak bölgesinin arkasına doğru (ya da onun tam arkasındaki art kafa lobunda Bkz. Şekil 27) oluşan hasarlar oldukça genel

(“sımflandıncı”) işleyişe zarar veriyor. Öne doğru gidildikçe hasarın etkisi genel olmaktan oldukça uzaklaşıyor. Hippökamp yakınlarında ise yitirilen tek tek (“olay”) anılar oluyor. Bu nedenle sınıflandırma ve olay bellekleri arasındaki ayrım* o kadar kesin olmayabilir. Genel nesneler ve olaylarla ilgili bölgelerden tek tek olaylarla ilgili bölgelere geçiş kerte kerte olabilir.

Damasio’nun Önerisi benim kabuk bölgesiiiin işlevini tanımlayışımla (geçen bölümde) büyük ölçüde uyuşuyor. Her bölge öteki (genellikle alt katlardaki) bölgelerin ortaya çıkararak orta katmanlarına ilettiği özelliklerin birleşiminden yeni birtakım özellikler çıkarıyor.

Görmenin çok basamaklı yapısı da yukarılara çıkıldıkça, örneğin her zaman karşılaşılan oldukça basit görsel özelliklerle (çizgilerin yönü gibi) uğraşan VI kabuk bölgesinden, çok daha az karşılaşılan insan yüzü gibi nesnelerle uğraşan bölgelere gidilerek sonunda, tek tek olaylardan kaynaklanan (görsel ya da başka) işaretlerin birleşimine tepki gösteren hippökamp bölgesine ulaşılıyor.

Buraya kadar ele aldıklarımız iki genel noktayı saptamamıza yeterli: Görme sistemi tuhaf ve gizemli bir biçimde işliyor; ve bu davranışı bilimcilerin, makakın (ve dolayısıyla insanın) görme sisteminin yapisı ve davranışına ilişkin bulduklarıyla bağdaşmıyor değil.

*Buna beşinci bölümde ve bu bölümde de daha sonra değiniyorum.

Ama bizim işimiz görsel farkındalığı anlamak. farkındalık görsel imgeyi kurmak için gereken birbiri içine geçmiş pek çok sürecin sonucunda oluşuyor. farkındalığın kendisini doğrudan etkileyen beyin haşan biçimleri var mı? Bu sorunun yanıtı evet, birden fazla.

îlki “ayrık beyinler” olarak geçer çoğu zaman. Bunun en saf biçimine “büyük birleşek” kafanın bir tarafındaki beyin kabuğunu öteki tarafa bağlayan kaim bir sinir lifleri demetive daha ince bir sinir lifleri demeti olan “ön birleşek” tamaman kopmuşsa rastlanır. Bu bazen başka tedavilere yanıt vermeyen belli sara vakalarını hafifletmek için başvurulan cerrahi bir işlem sonucudur. Başka tür beyin hasarları nedeniyle de kopabilir büyük birleşek ama bu durumlarda beynin başka yerleri de zarar gördüğü için sonuçların yorumu o kadar açık seçik olmayabilir. Bir de doğuştan büyük birleşeği

bulunmayan insanlar vardır ama onların beyni bu erkenden oluşan eksikliği gidermeye yönelik geliştiği için sonuçlar cerrahi işlemle kesilme durumuna göre çok daha az dramatiktir.

Bu konunun tarihi öyle tuhaf ki kısaca değinmeye değer.[10] Tanınmış bir Amerikalı sinir cerrahı 1936'da büyük birleşeğin kesilmesinin hiçbir etkisi olmadığım bildirdi. Ellilerin ortalarında bir başka uzman deney sonuçlarına bakarak "büyük birleşeğin hemen hiçbir ruhbilimsel işlevle ilgisi yoktur" diye yazdı. Kari Lashley (akıllı ve sözü geçen ama merak uyandırıcı biçimde hemen hep yanılgı içinde olan Amerikalı sinirbilimci) biraz da alaycı bir tavırla, büyük birleşeğin tek görevinin beynin iki yarıküresinin birbirine geçmesini önlemek olduğunu önermeye vardırdı işi (Büyük birleşek bir ölçüde serttir, Latince ismi "corpus callosum" nasırsı madde bundan gelir). Bu görüşlerin son derece hatalı olduğunu biliyoruz şimdi. Bu hataların kaynağı ya birleşeğin tam olarak kesilmemiş olması ya da deneylerin duyarsızlığı ya da uygun olmayışları.

Bu durum ellili ve altmışlı yıllarda Roger Sperry ve arkadaşlarının çalışması sonucu dramatik ölçüde değişti. Bu çalışması Sperry'ye 1981'de Nobel ödülü kazandırdı. Dikkatle tasarlanmış deneyler yoluyla açıkça şunu gösterdiler: Bir kedi ya da maymunun ikiye ayrılmış beyninin bir yarışma başka öteki yansına başka biçimde tepki göstermesi öğretilebiliyordu; hatta aynı uyarıya çelişkili tepkiler bile.[11] Sperry'nin yazdığı gibi "Sanki hayvanın iki ayrı beyni varmış gibi."*

Neden oluyor bu? Sağ eliyle yazan kişilerin çoğunda konuşma ve yazıyla haberleşmeyi yöneten sol yarıküredir. Aynca dil ile ilgili yetilerin çoğunu da yönetmektedir. Sağ yarıküreye ise sınırlı bir ölçüde konuşulan sözleri anlamak ve belki konuşmanın müziğiyle ilgilenmek kalıyor. Birleşek kesildiğinde sol yarıküre görüş alanının yalnızca sağ yansını, sol yanküre ise sağ yansını görür. Ellerin her birinin hareketi karşı taraftaki yarıküre tarafından yönetilir; öteki yanküre ancak kaba el ve kol hareketlerini uyarabilir. Oysa bazı özel durumlar dışında her iki yarıküre de söyleneni işitebilmektedir.

Ameliyattan sonra hastada geçici birtakım bozukluklar görülür. Örneğin elleri karşıt işleri yapmaya çalışabilir; biri düğıneleri iliklerken öbürü

çözmek ister. Bu davranışlar genelde düzelir ve hâsta görünüşte oldukça normaldir. Ancak dikkatli deneylerle görünenin altındaki ortaya çıkıyor.

Deneylerden birinde hasta bir perdeye gözlerini dikip bakıyorken baktığı noktanın sağında ya da solunda kısa sürelerle bir görüntü beliriyor. Böylece görsel bilginin iki yarıküreden yalnızca birine ya da ötekine gitmesi sağlanıyor (şimdi bunu yapmak için çok daha incelikli yöntemler var).

Resim sol (konuşan) yarıküresine gidecek biçimde belirdiğinde hasta bunu normal bir insan gibi tanımlayabiliyor. Bu yeti konuşmayla sınırlı değil, istendiğinde hasta konuşmak yerine nesnelere (sol yarıküre tarafından denetlenen) sağ eliyle işaret edebiliyor. Sağ eli ayrıca, görmesi engellenen nesneleri dokunma yoluyla da tanıyabiliyor.

Oysa resim sağ (konuşmayan) yarıküreye gösterildiğinde çok değişik sonuçlar elde ediliyor. Daha önce sağ elin yapabildiği gibi (büyük ölçüde bu konuşmayan sağ yarıküre tarafından denetlenen) sol el de daha önce sağ elin yapabildiği gibi nesnelere işaret edebiliyor ve görünmeyen nesneleri do kunarak tanımlayabiliyor. Ama sol elinin niçin öyle davrandığı sorulduğunda hasta sağ yarıküresinin bildiklerine değil de (konuşan) sol yarıküresinin gördüğüne dayanarak açıklamalarda bulunuyor. Deneyci açıklamaların uydurma olduğunu hemen görüyor, çünkü konuşmayan yarıkürenin bu davranışına yol açan resmin aslım biliyor. Bu "uydurmacılık" denilen olayın güzel bir örneği.

*Hayvanlardan elde edilen bu sonuçlardan sonra özellikle Sperry, Joseph Bogen, Michael Gazzaniga, Eran ve Dahlia Zaidel ve arkadaşları ayrık beyinli hastalar üzerinde daha dikkatli incelemelerde bulundular.

Özetle, beynin bir yansı öteki yarının ne gördüğünü neredeyse hiç bilmiyor, Bazen az bir bilgi kırıntısı sızabiliyor öte tarafa. Michael Gazzaniga bir kadın hastanın sağ yarıküresine bir dizi resim gösterirken araya bir çıplak resmi sıkıştmvermiş. Hasta kızarmış. Sol yan küre resmin farkında olmadığı halde resmin utanma duygusu uyandırdığım anlayıp

“Bana o biçim resimler gösteriyorsunuz, değil mi doktor?” dedirttirmiş. Böyle biri bir süre sonra bir tarafın ötekine ipuçları vermesini sağlayabilmeyi öğrenebilir. Örneğin sol eliyle, konuşan yarıkürenin kapabileceği işaretler yapabilir. Normal bir denek sağ yarıküresindeki aynntılı görsel farkındalık sol yarıküreye kolayca aktarıldığı için buıu sözle anlatabilmektedir. Büyük birleşek hepten kesildiğinde bu bilgi konuşan yarıküreye geçemiyor. Bilgi beynin alt basamaklarındaki çeşitli bağlantıları kullanıp öte tarafa geçemez.

Burada dil yetisinin normal olarak solda olması dışında beyin yarılarının nasıl farklı olduklarıyla ilgilenmediğime dikkat ediniz. Sağ tarafın örneğin yüzleri tanımada daha yetenekli oluşu gibi bazı Özel niteliklerini bilmem gerekmiyor. Öte yandan sol tarafın bir “kişilik” sağ tarafın yalnızca bir otomat olduğu gibi bazılarının savunduğu uç görüşü de dikkate almayacağım. îpsanlığın ayırt edici bir unsuru pjan gelişmiş bir dil sistemi sağ tarafta bulunmadığı için bir anlamda daha az “insan” olduğu açık. Sonunda şgğ tarafın otomattan öte bir şey olup olmadığı soruşunu yanıtlamamız gerekecek ama bence, bırakalım Özgür İradeyi, farkındalığıjı sinirsel temelini daha iyi anlayıncaya dek bekleyebiliriz. Uzmanların çoğunluğu dil dışında her iki yanın da bilme ve hareket denetleme yetilerinin, tam olarak aynı olmasalar bile aynı genel özellikleri taşıdıkları konusunda görüş birliğinde.

Beyin ayırma işlemlerinin çoğunda (onuncu bölümde değinilen) beynin bir yanındaki üst tepeciği öteki yamndakine bağlayan damarası birleşeği kesilmez. Beyin görsel farkındalıkla ilgili bilgiyi bir yandan ötekine iletmek için bu sağlam yolu kullanamaz. Bu nedenle, görsel dikkatle ilgili olmasına karşın üst tepeciğin görsel farkındalığın merkezi olması az bir olasılık taşıyor,

İnsanı hayrete düşüren bir başka olgu da Oxford ruhbilimcisi Larry Weiskrantz taralından enine boyuna incelenmiş olan “kör görüş”tür.[12] Kör görüşlü hastalar belirli birtakım basit nesnelere işaret edebiliyor ve onlan ayırt edebiliyorlar ama aynı zamanda bunları gördüklerini kabul etmiyorlar.*

Kör görüş, pek çok vakada kafanın yalnızca bir yanında olmak üzere, birinci görme kabuğu Vl’in (çizgili kabuk) yaygın biçimde hasara

uğramasından kaynaklanır genellikle. Bir deneydj^yatay bir çizgi üzerinde sıralanmış küçük ışık kaynaklan öyle dizilmiş ki hasta bakışını ışık dizisinin bir ucunda sabitleştirdiğinde ışıkların geri kalanının hepsi görme alanının körelmiş yerlerine düşmektedir. Uyarma zili çalınca ışıklardan biri kısa bir sûre yakılıyor. Işık yanarken hastadan gözünü ya da kafasını yerinden oynatmadan ışığın nereden geldiğine işaret etmesi isteniyor. Hasta normal olarak karşı çıkıyor, orada göremediği için deneyin anlamsız olduğunu söylüyor. Biraz desteklenince denemeye ve “tahmin” yapmaya ikna edilebiliyor. Deney bir çok kez yineleniyor, ışıklar değişimli olarak yakılıp söndürülüyor. Şaşkın hasta, hiçbir şey görmediğini iddia etpışşipe karşın yanan ışığı büyük bir doğrulukla, 5 10 derecelik bir açı hatasıyla, gösterebiliyor.**

*Maymunlar üzerinde yapılan benzeri çalışmalardan söz etmeyeceğim,

**Doğal plarak bu sonuç biraz kuşkuyla karşılandı. Örneğin itirazlardan bîri bu davranışın, ppkta ışığın gözde dağılarak ağtabakada hastanın görebildiği yerlere ulaşmasıyla açıklanabileceği yolunda, Bu pek olası değil, çünkü kör noktaya sıkılan ışığın bpyle bir gtki oluşturmadığı gösterilmiş (Kör noktada ışık duyargası bulunmadığı için orgda ışığa tepki gösterebilecek bir şey olamadığını anımsayın. Oysa kör görüşlü bir hastanın ışık duyargaları sağlam olduğundan işaretleri alabiliyor, bozuİuk aslında görme kabuğunda). Deneylerin daha ileri götürülmesiyle itirazların hepsi artık yanıtlanmış durumda ve kör görüşün gerçek bir olgı olduğundan kuşkusu olan pek kalmadı.

Bazı hastalar basit şekilleri, örneğin yeterince büyük bir O ile X’i ayırt edebiliyorlar. Bazısı çizgi yönünü ve kırpışmayı seçebiliyor. Hastalardan ikisinin, göremediklerini söyledikleri nesneye doğru uzanırken nesnenin şekline ve büyüklüğüne uyacak biçimde ellerini açtıkları kaydedilmiş. Bazı vakalarda hastanın gözleri hareket eden şeritleri izleyebiliyormuş, ancak bu iş beynin başka bölümlerince, Örneğin üst tepecik tarafından yerine getirilebilir. Hastamn gözbebekleri ışık değişimlerine tepki gösterir, çünkü gözbebeğinin açıklığı istemsiz bir hareket olarak beynin başka küçük bir bölümünce denetlenir. .

Böylelikle kötü bir hasara uğramış VI bölgesiyle bile, beyin bazı oldukça basit görsel uyarılan sezebilir ve bunlara tepkiler gösterebilir, etkilenen hasta farkında olmadığını iddia etmesine karşm.

Hangi sinir yollarının etkilendiği hâlâ anlaşılmış değil. İlk önce bilginin “eski beyin”in bir parçası olan üst tepecikten geçtiği sanılıyordu. Artık bunun olayın tamamım açıklayabilmesi olası gözükmüyor, çünkü yakın zamanlardaki deneyler kör görüşlülerin dalgaboyuna tepkilerinde gözdeki konilerin etkin olduğunu gösterdi. Biraz daha aydınlık gerekse de değişik dalga boylarına tepkileri normal insanlardakine yakın çıktı.[13] Bundan tepeciğin tek yol olamayacağı anlaşılıyor, çünkü orada renge duyarlı nöronlar yok.

Sorun daha da karmaşıklaşıyor. VI kabuk bölgesindeki hasar zamanla LGN'nin buna karşı düşen yerlerinde hücrelerin yaygın biçimde ölümüne yol açıyor ve bu da ağtabakadaki P türü boğum hücrelerinin çoğunu öldürüyor, çünkü onların da konuşacak kimsesi kalmıyor.* Ancak bazı P nöronları ve LGN’deki bazıları kalıyor, hasara uğramamış bölgelere uzandıklarından olsa gerek. LGN'den kabuğun Vl’in ötesinde, V4 gibi bölgelerine doğrudan ama zayıf yollar var. Bu yollar yeterince sağlam kalmışsa (Örneğin işaret etme gibi) hareket uyarabiliyor ancak görsel farkındalık için yeterli olmuyor. (on beşinci bölümde Libet’in çalışmalarına bakınız.) Bazı vakalarda VI bölgesinde hasarlı alanda sağlam dokudan adacıkların kaldığı ve böylece Vl’in bu yerlerde küçük de olsa bazı etkinliklerde bulunabildiği ileri sürülebilmekte/dir.[14] Ya da görsel farkındalık için sağlam bir VI bölgesinin, belki normal olarak daha üst görme katlarına güçlü bir girdi sağladığından değil de başka bir nedenle, elzem olduğu ortaya çıkabilir. Neden ne olursa olsun, hasta hiçbir şey görmüyorum derken bir miktar görsel bilgiyi kullanabilmektedir.

*Çıkışlarının hepsi ölü nöronlarda biteri, nöronlar da çoğu zaman ölmektedir.

Bir başka ilginç davranış biçimi de yüztammazlığına uğramış hastalarda bulunmuştur. Bir yalan makinesine bağlıyken tanıdık ve yabancı yüzlerin fotoğrafları gösterildiğinde hasta hangilerini tanıdığını söyleyemese de, yalan makinesi o bunun farkında olmasa dahi beyninin bu ayrımı yapabildiğini açıkça göstermiştir.[15]Bununla beynin farkında olunmadan görsel niteliklere tepki gösterebildiğine bir örnek daha elde etmiş oluyoruz.

Hippokamp, beynin görmeyle sınırlı kalmayıp bir tür bela lekle ilgili olan bir bölümü. Şekil 52'de üstte HC olarak işaretlenmiş. Aynı şekilde bunun ER ile işaretlenmiş olan "bu1 run içsel kabuk" bölgesiyle olan bağlantısı da gösterilmiş; Bu, yeni kabuğun başka, yerlerine göre çok az katmanlı. Duyu işlem katlarının en tepesine yakın konumu, artık burası görsel (ve diğer) farkındalığın merkezidir tahminini yapmak eğilimini kuvvetlendiriyor. Daha üst kabuk bölgelerinden girdileri alıp yeniden onlara uzanıyor. Bu karmaşık tekyönlü yol yeniden girişlidir yani başladığı noktanın çok yakınlarına geri dönmektedir. Bu da bilinç gerçekten buradadır dedirtebilir, çünkü beyin bu yolu kendisini görmek için kullanabilir.

Deneysel bulgular başka yönlerden çekici olan bu varsayımı şiddetle çürütmektedir. Hippokamp herpes ansefaliti virüsü bulaşması sonucu şiddetli ama bazen da oldukça sınırlı hasara uğrayabilir. Bu virüs yalnızca hippokamp ve yakı^ nındaki kabuğa saldırmayı yeğler gibidir. Zarar gören bölgef lerin sının çok belirgindir. Hasarın yeri MRI taramasıyla belirlenebildiği ve ilerlemediği için hastalığın ağır dönemi j atlatıldıktan sonra hastayı yıllarca izlemek olanaklıdır.

Hippokampmın her iki tarafım ve onun hemen yakınındaki kabuk bölgesini yitirmiş biriyle karşılaştığınızda ilkin onda bir olağandışılık sezemezsiniz. Böyle bir kişiyi video kaydından izlemek çok çarpıcı oluyor: konuşuyor, gülüyor, tavla oy; nuyor, vb. Hemen tek sorunu bir dakika önce olup bitenleri anımsayamamasıdır. Tanıştığınızda elinizi sıkacak isminizi tekrarlayıp öğrenecek ve sohbet edecek. Ama odadan birkaç dakikalığına çıkıp geri döndüğünüzde sizi daha önce görmüş olduğunu bile yadsıyacak. Hareket yeteneklerini yitirmemiştir ve yenilerini de öğrenebilir. Yani öğrendiklerini de unutmaz ama nasıl öğrendiğini anımsayamaz. Sınıflandırma belleği sağlamdır ama yeni olaylara ilişkin belleği zayıftır, anılan kısa bir sürede tümüyle uçup gider. Ayrıca beyni hasara uğramadan önceki olaylan tutan belleğinde de sakatlıklar olabilir. Kısa bir örnekle, kahvaltı sözcüğünün anlamını bilir, kahvaltısında neyi ve nasıl yiyeceğini bilir, ama kahvaltıda ne yediğini kesinlikla anımsamaz. Sorarsanız ya anımsayamıyorum diyecektir ya da ne yemiş olabileceğini düşünüp uyduracaktır.

Eksiksiz “insan bilinci”ni bir anlamda, yitirmiş olsa da kısa dönemli görsel farkındalığında göze çarpan bir değişiklik yoktur. Bu yönü sakatlanmışsa eğer, henüz deneylerle belirlenememiş üstü kapalı biçimlerde olmalı. Bu nedenle hippokamp ve yakınındaki kabuk bölgeleri görsel farkındalık için [r] gerekli değil. Ancak hippokampa gelen ve giden bilgiler normal olarak bilince erişiyor olabilir, onun için buradaki nöron bölgelerine ve yollarına dikkat etmek, beyinde farkındalığın merkezini saptamada yardımcı olabilir.*

Beyin hasarlarını incelemek bazen başka yollardan erişemeyeceğimiz sonuçlar sağlıyor. Maalesef bu yoldan elde edilen bilgi düş kırıklığı yaratacak ölçüde belirsizliklerle dolu, çünkü çoğu vakalarda zarar karmakarışık bir biçimde. Bu sınırlamaya karşın uygun vakalardan edinilen bilgiler kesin olabiliyor. En azından beyin hasarlarının sonucu, beynin işleyişi konusunda, insan ya da hayvanlar üzerinde yapılabilecek deneysel yöntemlerle araştırmaya açık fikirler önerebiliyor. Bazı vakalar ise maymunlarla yaptığımız deneylerden öğrendiklerimizi insanda doğruluyor.

*Hippokamp sisteminin işlevinin tam olarak ne olduğu ve nöronlarının nasıl çalıştığı henüz tartışmalı bir konu, ama çizdiğim genel tablo yaygın olarak kabul ediliyor. Belki terimler konusunda olağan anlaşmazlıklar olabilir.

...Bir modeli sınamanın en iyi yolu modelciye ‘Şimdi daha önce bilmediğin yeni bir şey öğrendin miT ve ‘Bunun doğru olup olmadığını nasıl anlayabilirsin? sorularını sormaktır.

James M. Bower

XIII. Bölüm Sinirsel Ağlar

Sinirsel ağlar çeşitli yollarla birbirine bağlı birimlerden oluşmuş topluluklardır. Her birim iyice basitleştirilmiş bir nöronun niteliklerini taşır. Nöron ağları sinir sisteminin > parçalarında olup biteni taklit etmekte, işe yarar ticari aygıtlar yapmakta ve beynin işleyişine ilişkin genel kuramları sınamakta kullanılır.

Sinirbilimciler kuramlara niye gerek duysunlar? Tek tek * nöronların nasıl davrandığını biliyorlarsa kuşkusuz birbiriyle etkileşen nöron takımlarının işleyişini de tahmin edebiliyor olmalılar. Maalesef bu öyle göründüğü kadar kolay değil. Tek bir nöronun davranışının bile basitlikten uzak olduğu gerçeği bir yana, nöronlar birbirlerine hemen her zaman karışık biçimlerde bağlıdır. Buna ek olarak sistemin tümü de doğrusallıktan uzaktır. Doğrusal bir sistemde, en basit biçimiyle, giriş iki kat artırılınca çıkış da tam iki katı artar yani çıkış girişle doğru orantılıdır.* Örneğin bir su yüzeyinde halkalar biçiminde genişleyip yayılan dalgalar kesiştiklerinde girişimde bulunmadan geçip giderler. İki dalga takımının birden bir anda bir noktada oluşturduğu ortak etkiyi hesaplamak iç;n önce birincinin etkisi bulunup ikincisininki buna eklenir. Yani birtakımın etkisi öbürününkinden bağımsızdır. Ancak dalgaların şiddeti büyükse bu genelde geçerli olmaz.

Daha kesin bir matematik açıklama; a ve b sabitler olmak üzere, v=ax+h ise y, x ile doğrusal bağıntılıdır.

Fizik yasaları büyük dalgalar için doğru orantılıktan sapma olduğunu göstermiştir. Bir dalganın kırılması, doğrusallık[1]’ tan oldukça uzak bir olgudur; Şiddeti belli bir eşik değerin \ üstüne çıkınca, dalga yeni bir biçimde davranır belirgin ola [1] rak. Artık “aynı şeyden daha çok” değil, yeni bir şey olmuş, tur. Gerçek yaşamda doğrusal olmayan davranışa her yerde/ özellikle aşkta ve savaşta rastlanır. Şarkıdaki gibi, “Onu bir kez Öpmek, iki kez öpmenin yarısı kadar hoş değil.”

Doğrusal olmayan bir sistemi matematiksel olarak anlamak doğrusal bir sisteme göre çok daha zor. Ayrıca davranışı da daha karmaşıktır. Bütün bunlar birbirleriyle etkileşen nöron takımlarını anlamayı zorlaştırıyor, hele çoğu kez olduğu gibi sonuçlar sezgilerimize aykırı ise.

Son elli yıldaki teknik ilerlemelerin en önemlilerinden biri hızlı sayısal bilgisayarlar olmuştur. Bu bilgisayarlar, doğuşlarına katkısından dolayı üstün matematikçi von Neumann’m adıyla anılır bazen. Bilgisayarlar da beyin gibi sa < yılar ve simgelerle işlem gördüklerinden, beyni oldukça karmaşık bir tür von Neumann bilgisayarı olarak düşünmek doğaldır. Bu benzetmede aşırıya kaçıldı mı pek gerçekçi olmayan kuramlara varılabilir.

Bilgisayarlar özünde hızlı parçalardan yapılmıştır. Bugün bir PC’nin bile temel çevrim ya da saat hızı, saniyede 10 milyon işlemin üzerindedir. Oysa bir nöronun normal ateşleme hızı saniyede yüz darbe dolaylarındadır. Bilgisayarlar bundan milyon kat hızlı çalışıyor. Cray gibi yüksek hızlı süperbilgisayarlar ise kat kat daha hızlıdır. Genelleme yaparak bilgisayardaki işlemlerin ardışık, yani birbiri ardından yapıldığını söyleyebiliriz. Öte yandan beyindeki düzen genel olarak büyük ölçüde koşuttur. Örneğin her bir gözden beyne giden bir milyon kadar aksonun hepsi aynı anda çalışmaktadır. Bu yüksek derecede koşutluk sistemin her aşamasında vardır. Bu tür bağlantı nöronların göreceli yavaş davranışını bir miktar dengeler. Aynı zamanda bundan, şurada burada, birkaç nöronu yitirmenin beynin davranışını hissedilir bir ölçüde değiştiremeyeceği de anlaşılır. Teknik dilde buna beynin “bozulması zerafetle olur” denir. Bilgisayar ise kırılgandır. Çok küçük bir parçası hasar görse, ya da programm/ da küçük bir hata olsa işe yaramaz duruma gelir. Bilgisaya! rın bozulması “felaket gibi”dir.

Çalışır durumda olan bilgisayar çok güvenilirdir. Aynı giÜş için verdiği çıkış hep aynıdır, çünkü parçalarının hepsinin güvenilirliği yüksektir. Oysa tek tek nöronlar çok daha değişkenlik gösterebilir. Gelen işaretler davranışlarını değiştirir ve niteliklerinin bazısı “hesaplamaları” sırasında bile değişebilir.

Ortalama bir nöronun birkaç yüz ile on binler arasında girişi ve bir o kadarda çıkış akson bağlantısı vardır. Bilgisayarın temel birimi olan bir tranzistörün ise yalnızca birkaç girişi ve çıkışı olabilir.

Bilgisayar 1 ve 0 rakamlarından oluşan dizilerle temsil edilen darbe kodlu mesajları bir yerden ötekine büyük bir ‘ doğrulukla iletebilir. Mesaj belli bir adrese gönderilebilir, orada ne saklı ise onu geri getirebilir ya da değerini değiştirebilir. Böylece belleğindeki bir yere bilgiyi yerleştirip bir başka zaman kullanması gerektiğinde bu bilgiye erişebilir.[1] Bundan dolayı bilgilerin bellekte başka bir biçimde “depolanıyor” olması neredeyse kaçınılmazdır.

** Beyinde böyle kesin bir işlem yoktur. Nöronun aksonu boyunca gönderdiği darbe (ortalama ateşleme hızından farklı) bir bilgi iletseler de, bunlar darbe kodlu mesajlar gibi kesinlik taşımazlar.*

Beyin genel amaçlı bir bilgisayara bir nebze olsun benzemiyor. Beynin değişik parçaları, hatta beyin kabuğunun değişik bölümleri, en azından bir ölçüye kadar, değişik tür bilgileri işlemek üzere uzmanlaşmıştır. Anıların çoğu da hemen işlemlerin yapıldığı yerlerde saklanıyor gibi görünmektedir. Bütün bunlar klasik von Neumann bilgisayarından , çok farklı, çünkü bilgisayarda temel hesap işlemleri (topla{ ma, çarpma, vb.) yalnızca bir ya da birkaç yerde yapılmak; tayken beyindeki bellek oldukça değişik çok sayıda yerde bulunmaktadır.

Charles Anderson ve David van Essen beynin bilgileri bir yerden ötekine ne yolla gönderileceğini bilen düzenekleri olabileceğini önermişlerdir ama bu konu hâlâ tartışmalıdır.

Bir de son olarak, bilgisayarlar mühendisleree önceden tasarlanmıştır, oysa beyin çok, pek çok sayıda hayvan kuşağından geçerek doğal ayıklanmanın baskısı sonucu evrimleş ’ miştir. Bu, ana hatları birinci bölümde anlatıldığı gibi kökten değişik bir tasarım üslubu oluşturmaktadır.

Bilgisayarı donanım ve yazılım cinsinden tanımlamak adettendir. Nasıl ki yazılımı yani bilgisayarın programlarını yazan kişinin donanımın ayrıntılarını (devreler, vb.) bilmesi pek gerekmiyorsa, özellikle ruhbilimciler tarafmdan, beynin “donanımına ilişkin birşey bilmeye gerek olmadığı savunulmuştur. Beyinde donamm ve yazılımın arasında kesin bir çizgi yoktur ve onun işleyişini bu tür kuramlara uydurma yolundaki girişimler başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Böylesi bir yaklaşım şuna dayanarak geçerli kılınmaya çalışılıyor: Beyin son derece koşut olsa da tüm bu koşut işlemlerin üzerinde (dikkat mekanizmasmca denetlenen) belli bir, tür ardışık düzenek vardır; bundan dolayı duyusal girişlerden uzak üst düzeydeki işlemler açısından yüzeysel de olsa, bir miktar bilgisayara benzetilebilir.

Kuramsal yaklaşımlar, meyvelerine bakılarak yargılanabi « lir. Bilgisayarlar, katı mantık, satranç ve sayılarla uzun hesap işlemleri gibi

belli türlerde problemlerin çözümünü en iyi yapacak biçimde programlanmıştır. Bu saydıklarım insanların hızlı ya da pek iyi yapamadıkları şeylerdir. Ancak sıradan bir insanın bile çabucak ve hiç çaba harcamadan yapabildiği, nesneleri görmek ve önemlerini kavramak gibi ödevler verildiğinde en modern bilgisayar bile tökezlemektedir.

Son yıllarda daha koşut olarak işleyen yeni bir kuşak bilgisayarın tasarımı yönünde çaba gösterilmektedir. Bu tasarımların çoğunda çok sayıda küçük bilgisayar ya da bunların birtakım öğeleri birbirlerine bağlanarak aynı anda çalışmaları sağlanıyor. Bu altbilgisayarlar arasındaki bilgi alışverişi ve hesap işlemlerinin genel olarak denetimi için oldukça karmaşık bir düzenleme gerekiyor. Bu tür süperbilgisayarlar özellikle problemin aynı temel öğelerinin birçok yerde birden bulunduğu, hava tahminindeki gibi hesaplamalarda çok işe yaramaktadır.

Bir de Yapay Zekâ (Y.Z.) çevrelerinde beyne benzer yazılımlar yaratma yönünde bir hareket vardır. Bunlarda hesap işlemlerinde normal olarak kullanılan katı mantık yerine bir tür belirsiz mantık uygulanır. İfadeler artık doğru ya da yanlış değil, yalnızca daha çok ya da az olasıdır. Yazılım, en yüksek olasılığı taşıyan bir ifade takımını bulmaya çalışır. Daha az olası değerlendirilen öteki sonuçlar karşısında bu sonuç çözüm olarak kabul edilir.[2]

Bu yaklaşım daha önceki Y.Z. yaklaşımlarına göre kavramsal düzenleme açısından kuşkusuz beyne daha çok benzese de özellikle belleğin işlemesi gibi yönleriyle beyne daha az benzemektedir. Bundan dolayı gerçek beynin davranışıyla uygunluğunu her düzeyde sınamak zor olabilir.

İlk ortaya çıktığında kimsenin tanımadığı bir kuramcı takımı, beyne daha çok benzeyen nitelikte bir yaklaşım izlemektedir. Bu yaklaşıma şimdi PDP (İngilizce'de Koşut Dağıtık İşlem'in baş harfleri) deniyor. Bu konunun çok uzun bir tarihi var ama ben yalnızca ana hatlarını çizeceğim. İlk girişimlerden biri, Warren McCulloch ve' Walter Pitts tarafından 1943'te çok 'basit birimlerin bağlanmasından oluşmuş "ağ"larm herhangi bir mantık ya da aritmetik işlevini gerçekleştirebileceğinin ilkesel olarak

gösterilmesiydi.[3] Birimleri çok basitleştirilmiş nöronlara benzediğinden, bu ağlara şimdi “sinirsel ağlar” deniyor.

Bu erişilen nokta o denli etkileyiciydi ki çoğu kişiyi beynin böyle çalıştığına inanmak gibi bir yanlışa yöneltti. Modern bilgisayarların tasarımına yardımcı olmuş olsa da bu çarpıcı sonuç beyin açısından oldukça yanıltıcıydı.

Bundan sonraki en ileri adımı Perseptron adını verdiği çok basit tek katlı bir aygıtı bulan Frank Rosenblatt attı. Bu makinenin önemi, başlangıçtaki bağlantıları rasgele olduğu halde (oldukça basit ve açık bir kurala uyarak) bunları de/ ğiştirebilerek, örneğin sabit konumlarda basılı harfleri tanı' mak gibi belli basit görevleri yerine getirmeyi öğrenebiliyor olmasıydı. Perseptron bir işe yalnızca doğru ya da yanlış biçiminde iki türlü tepki göstererek çalışıyordu. Bulduğu yanıtın gerçekten doğru olup olmadığı belirtilince de Perseptron Öğrenme Kuralı denilen belli bir kurala göre bağlantılarını değiştiriyordu. Rosenblatt “doğrusal ayrıştırılabilir” denileli belli bir sınıf problemlerde, aygıtının sınırlı sayıda denemeden sonra doğru davranmayı öğrenebileceğini kanıtladı.

Bu sonuç matematiksel zarifliği nedeniyle dikkatleri üzerine topladı. Maalesef Marvin Minsky ve Seymour Papert, Pefk septron’un yapısı ve öğrenme kuralıyla “dışlayıcı VEYA” (yani ya elma ya da armut, ama her ikisi birden değil) işlemini yerine getiremediğini ve dolayısıyla bunu bile öğrenemeyeceğini kanıtlayınca yıldızı söndü. Bu ikili, Perseptronün sınırlılığı kavramı üzerine bir de koca bir kitap yazdı. Bu, Perseptron’a yıllar boyu ilgi gösterilmemesine yol açtı (Minsky daha sonra kantarın topuzunu kaçırdığım itiraf etti) ve o sıralarda kuramsal çalışmaları Y.Z. yaklaşımına yöneltti.

Tekkatlı basit Perseptron’un beceremediği dışlayıcı VEYA işlemini (ya da benzeri işleri) kolayca yapabilen, yine basit birimlerden oluşmuş çokkatlı ağlar kurmak olanaklı,, Böylesi ağlarda değişik düzeylerde pek çok bağlantı olmak zorunda. Ağın gereken işlemi yerine getirmesindeki sorun, başlangıçta rasgele olan bağlantıların hangilerinin değiştirilmesi gerektiğini bulmakta. Minsky ve Papert, Perseptron’m döve döve öldüreceklerine

kafalarım bu soruna çözüm bulmak için çalıştırsalardı, bilime daha çok katkıları olacaktı.

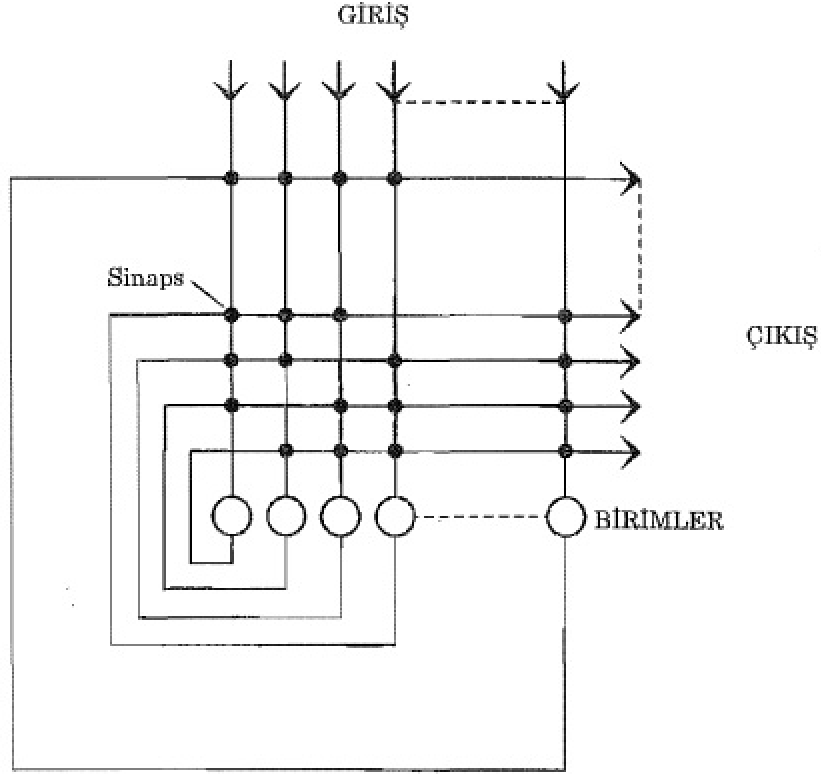
Yaygın ilgi çeken bir başka gelişme molekül biyolojisine ve oradan beyin kuramcılığına geçen Caltech fizikçisi John Hopfield'dan geldi.[6] Şimdi Hopfield ağı olarak bilinen (Şekil 53'e bakınız) bir ağ ortaya attı 1982'de. Bu kendi kendini besleyen basit bir ağ idi. Her bir biriminin çıkışı iki durumdan birinde olabiliyordu: —1 (bastırıcı) ya da +1 (uyarıcı). Ancak her birimin birden fazla girişi olabiliyor ve giriş bağlantılarının belli bir kuvveti bulunabiliyordu. Birim, belli bir anda bağlantılarından gelen etkilerin toplamını alıyordu.* Bu toplam sıfırdan büyük ise çıkışı +1 durumuna geçiyordu (yani bastırılmış değil de daha çok uyarılmış ise çıkışı uyaneı oluyordu), değil ise çıkış 1 oluyordu. Buna göre, öteki birimler ona verdikleri girişleri değiştirdikçe bazen çıkışı değişiyordu.

Hesaplar bütün bilimlerin çıkışları kararlı duruma gelinceye dek yineleniyordu.* Hopfieldin ağında birimlerin durumlarındaki ayarlamalar aynı anda değil, birbiri ardından ve tercihen rasgele bir sırayla yapılıyordu. Hopfield belirli bir ağırlık takımı (bağlantıların kuvveti) ve herhangi bir giriş verildiğinde ağın sonsuza dek gezinmek ya da salınmak yerine çabucak kararlı bir duruma erişeceğini kuramsal olarak kanıtladı.

Hopfield'in savları inandırıcıydı ve açık seçik, ikna edici biçimde ortaya konmuştu. Sonunda beyni kendilerini yakın hissedebilecekleri (Kaliforniya'da böyle diyoruz) bir biçimde açıklayan bir düşünceyle karşılaşan matematikçi ve fizikçiler arasında müthiş tuttu bu ağ. Hopfield ağının ayrıntılarının çoğu yerde biyolojiden büyük ölçüde uzak olması ise onları hiç tasalandırmadı.

Bağlantıların hepsinin kuvveti nasıl ayarlanıyordu? KanadalI ruhbilimci Donald Hebb 1949'da Organization of Behavior (Davranışın Düzeni) adında bir kitap yazmıştı.[7] O zamanlar (şimdi de olduğu gibi) öğrenme sürecinde en Önemli etmenlerden birinin nöron bağlantılarının sinapslarmkuvvetinin değiştirilmesi olduğuna inanılıyordu. Hebb bir sinapsm yalnızca etkin durumda olduğu için kuvvetlenmesinin yetersiz kalacağını fark etti. Ancak iki etkinliğin belli bir ilişki içinde çalışabildiği bir düzenek istiyordu. Herkesin alıntı yaptığı yazısında şöyle diyordu: “A

hücresinin aksonu B hücresine onu uyarabilecek ölçüde yalansa ve onu ateşletmeye tekrar tekrar ve sürekli katkıda bulunursa, hücrelerin birinde ya da her ikisinde öyle bir gelişim süreci ya da meta bolizma değişikliği olur ki, B'yi ateşleten hücrelerden biri olarak A'nm verimi artar." Böylesi ya da bunu biraz andıran bir düzeneğe şimdi "Hebb" düzeneği deniliyor



Şekil 53.Bir Hopfield ağının bazen "çapraz çubuk ağı" da denen bağlantı şeması. Siyah dairelerin her biri, çok basitleştirilmiş bir nöron gibi bir "birim"i temsil eder. Buradaki bağlantılar "sinaps" olarak gösterilmiş. Ağın belli bir anıyı saklaması için işte bu bağlantıların kuvveti ayarlanmaktadır.

Hopfield, ağındaki bağlantıların kuvvetini ayarlamak içiıi bir tür Hebb kuralı kullandı. Söz konusu çözüm takımı için iki birimin çıkışı aymysa aralarındaki bağlantıların kuvveti karşılıklı olarak +l'e eşitleniyor; çıkışlar zıt değerde ise ağırlıkların her biri l'e eşitleniyordu. Bir başka deyişle birim "dostlar"ım destekliyor, "düşmanlarım ise caydırıyordu.

Bir Hopfield ağı nasıl çalışır? Ağ, doğru etkinlik takımıyla başlatılırsa o durumda kalır. Bu hiç de ilginç değil, çünkü bu durumda çözüm önceden verilmiş oluyor. İlginç olan şey, çözümün küçük bir parçası "ipucu" olarak verildiğinde, birkaç kez dönüp dolaştıktan sonra ağın doğru çıkışta yani

çözüm takımında karar kılması. Ağ, birimlerini sürekli ayarlayarak birim etkinliklerinin kararlı bir durumunu bulmaktadır. Sonuç olarak, belleğindeki bir kırıntıdan, saklı "am"yı çıkarmış oluyor. Bu tür belleğe "içerikten bulan" denir, yani bir bilgisayardaki gibi "adres" görevini yapan ayn bir işaret yoktur. Giriş olarak çözüm takımının bir bölümü adres yerine geçmektedir. İşte bu, az da olsa, insan belleğine benzerlik göstermeye başladı.

"Anı"nın etkin bir durumda saklanmadığını, tamamıyla edilgin olabileceğini gözden kaçırmayınız. Çünkü o, ağırlıkların (yani çeşitli birimler arasındaki bağlantıların kuvvetinin), örüntüsü (dağılım biçimi) içine gömülü durumdadır. Ağ tümüyle etkinliksiz (tüm çıkışları sıfırda) olabilir; ancak bir işaret uygulandığında hemen yerinden fırlayıp çabucacık anımsanması gereken çıkış takımına karşılık düşen kararlı etkinliğe ulaşmaktadır. Sağlam temellere dayanılarak, insanlarda uzun dönemli anıların anımsanmasının da genel niteliğinin böyle olduğu sanılmaktadır (etkinliğin sınırsız sürüp gitmediği bir yana bırakılırsa). Şu anda ammsamadığınız ama istediğiniz anda erişebileceğiniz anılarla dolu engin bir belleğiniz var.

Sinirsel ağlar (özellikle de Hopfield ağları) bir örüntüyü "anımsayabilir", ama acaba aynı ağ ilki dışında ikinci bir örüntüyü daha anımsayabiliyor mu? Örüntüler çok benzer değillerse bir ağ birkaç belirgin örüntüyü anımsayabilir yani bu örüntülerden herhangi birinin yeterli bir parçası verildiğinde ağ birkaç dönüşten sonra o örüntüyü bulup çıkarır. Bu sistemlerde bellek dağınıktır, çünkü her bir anı pek çok bağlantıya dağıtılmıştır. Ayrıca anılar üstüste durmaktadır, çünkü bağlantıların her biri birden fazla anıda iş görmektedir. Bir de, bellek dayanıklıdır, çünkü bağlantılardan birkaçım bozmak, davranışını genelde pek değiştirmeyecektir.

Bu özelliklerin bir paha karşılığında olması şaşırtmamalı. Ağa çok fazla anı eklenirse bunlar kolayca karışabilir. O zaman girişine bir ipucu, hatta tam bir örgü bile uygulandığında saçma bir çıkış verebilir.* Rüyalarımızda işte böyle olduğu (Freud'un yoğunlaştırma dediği süreç) önerilmiştir[8,9] ama şimdi bu konuya girmeyelim. Bu niteliklerin hepsinin de "türeme" Özelliğinde olduğuna dikkat ediniz. Ağın tasarlayıcısı tarafından bilerek

yapılmış olmayıp, birimlerin yapısı, bağlantılarının örüntüsü ve ağırlıkları ayarlama kuralı sonucu sonradan ortaya çıkmışlardır.

Bir Hopfield ağının bir başka özelliği daha var: Bağlantılarının ağırlıkları birbirine oldukça benzeyen birkaç girişe uygun olarak hesaplanıp belirlenmişse, bu alıştırıldığı şeylerin bir tür ortalamasını "aklında tutar". Bu da biraz beyne benzer bir başka nitelik. İnsan da belli bir sesli harfi, sesin kendisi belli bir aralıkta değişse de aynı harf olarak işitir. Girişler farklı, ama benzerdir. Çıkış yani işittiğimiz şeyise aynıdır.

Bu tür ağlar beynin karmaşıklığı yanında çok basit kalır, ama bu basitlikleri davranışlarını anlamamızı sağlar. Basit ağlardan çıkan özellikler aynı genel karakteri taşıyan daha karmaşık ağlarda da pekâlâ görülebilir. Üstelik buradan belli birtakım beyin devrelerinin ne işe yaradığı konusunda bizi aydınlatacak düşüncelere varılabilir. Örneğin hippokampm CA3 denilen bölgesindeki bağlantılar gerçekten de içerikten bulan bir ağa benzemektedir. Bunu doğru olup olmadığının deneylerle sınanması gerekmektedir elbette.

Ne ilginç ki bu basit nöron ağlan bir hologramın bazı niteliklerini taşımaktadır. Hologramda birden fazla görüntü üst üste saklanabilir ve hologramın herhangi bir parçasından görüntünün tamamı elde edilebilir, tam net olmasa da. Hologram küçük hatalara da dayanıklıdır. Beyin ile hologram arasındaki bu benzeşme her iki konuyu da az biraz bilen kişiler tarafından hararetle kucaklanmıştır, oysa bu hemen hemen kesinlikle çıkmaz yola vuracaktır, iki nedenle. Ayrıntılı matematiksel çözümlemeler nöron ağları ile hologramların matematiksel olarak birbirinden ayrı şeyler olduğunu göstermiştir.[10] Daha da önemlisi, nöron ağlan hiç olmazsa gerçek nöronIarı andıran birimlerden kurulmuştur, oysa beyinde hologramların gerektirdiği aygıt ya da süreçlerden bir iz bile yoktur.

*Bir Hopfield ağında bunun doğru bir anlamda çıkışla yakından ilgili olan, saklı "anıların" ağırlıklı ortalaması ile bağlantılı olduğu gösterilebilir.

* * *

Yakın zamanlarda daha çarpıeı bir etki yaratan yayın, David Rumelhart, James McClelland ve PDF ekibinin çıkardığı, kaim iki ciltten oluşan Koşut

Dağıtık îşlem adlı kitap oldu.[11] Bu 1986'da çıktı ve en azından akademik çevrelerde hemen en çok satan kitap oldu. Ben de aslında PDP ekibindeyim ve Chiko Asanuma'yla birlikte kitabın bir bölümünü yazmış bulunuyorum, ama benim rolüm çok sınırda, belki dürtükleyici, vızıldayan bir atsineği olarak. Çabalarına hemen hemen tek katkım, ağlarının birimlerine nöron demekten vazgeçmelerinde ısrar edişimdi.

Kaliforniya Üniversitesi'nin San Diego'daki Ruhbilimi Bölümü, Saik Enstitüsü'nden bir iki kilometre uzakta. Yetmişli yılların sonunda ve seksenlerin başında oraya yürüyerek gider ve tartışma ekiplerinin küçük ve resmi olmayan toplantılarına katılırdım. Yürüyüş yolumu şimdi kocaman otomobil park alanları kaplamış durumda. Yaşantının temposu da arttığından artık oraya arabayla gidip geliyorum.

O zamanlar ekibin başında David Rumelhart ve Jay McClelland vardı ama Jay bir süre sonra doğu yakasına göç etti. Her ikisi de temelde ruhbilimciydiler ama simgeişleyen makinelerden tatmin olmayıp birlikte sözcük işlemeye ilişkin bir "etkileşimli etkinleyici" modeli geliştirmişlerdi. Christopher LonguetHiggins'in bir başka öğrencisi Geoffrey Hinton'ın teşvikiyle daha iddialı bir "bağlantıcı" yola soyundular. Koşut Dağıtık İşlem terimini benimsemelerinin nedeni bunun daha önceki çağrışımsal bellek teriminden daha geniş kapsamlı oluşuydu.**

Hologramdan yola çıkan Christopher LonguetHiggins 1968'de "holofon" olarak adlandırdığı bir aygıt icat etti. Bundan esinlenerek sonradan belli bir tür nöron ağına dönüştürdüğü "korrelogram" aygıtım buldu. Öğrencisi David Willshaw bunları doktora tezinde incelemiştir.

**Daha önce, benzeri düşünceleri taşıyan kuramcılarla etkileşimleri sonunda 1981'de Geoffrey Hinton ve Jim Anderson tarafından Çağrışımsal Belleğin Koşut İşleyişi adlı kitap çıkmıştı. Bu kitap her ne kadar sinirsel ağlar üzerinde çabşanlarca okunduysa da somaki kitap kadar yaygın etki yapamadı.

Ağlar ilk bulunduğunda, bazı kuramcılar bu çok basit ağları taklit etmek için kahramanca, o zamanlar bulabildikleri röle gibi parçalardan küçük ama kaba saba elektrik devreleri lehimlemeye giriştiler. Hızlı ve ucuz modern sayısal bilgisayarların, yakın geçmişte daha karmaşık nöron

ağlarının geliştirilmesine büyük yardımı oldu. Ağlara ilişkin yeni düşünceler artık eskisi gibi kaba analog modeller ya da oldukça zor matematik savlar yerine sayısal bilgisayarlarda taklit edilerek sınanabiliyor.

1986'da yayınlanan PDP kitabı 1981'in sonlarında başlayan bir gebelik dönemi geçirdi. İyi ki de öyle oldu; çünkü belirli bir algoritmanın son zamanlarda geliştirilmesi (ya da daha doğrusu yeniden keşfedilip kullanılması), daha önceki çalışmaların üstüne eklenip böyle çabucak bir etki oluşturdu. Kitap yalnızca beyin kuramcıları ve ruhbilimeilerce değil, matematikçiler, fizikçiler ve hatta Y.Z. üzerinde çalışanlar tarafından bile bir hevesle okundu (Y.Z.'çilerin tepkisi ilk başta oldukça düşmaneaydı). Sonunda sinirbilimciler ve molekül biyologları bile haberini aldılar.

Bilmenin Mikroyapısmda Araştırmalar altbaşlığıyla çeşitli konulara değinen bir kitaptı bu, ama içindeki bir algoritma çarpıcı sonuçlar doğurdu. Bu algoritmaya "hataların geri yayılımı" denir ama daha çok, kısaca geriyayılım, ya da "backprop" olarak söylenir. Bunu kavrayabilmek için öğrenme algoritmalarının genel doğası konusunda birşeyler bilmek gerekiyor.

Nöron ağlarında öğrenme biçimlerinin bazılarına "denetimsiz" denir. Öğretmek için dışarıdan herhangi bir bilgi verilmiyor demektir. Belli bir bağlantıda yapılan değişiklik yalnızca sistemin içinde yerel olarak ne olup bittiğine bağlıdır. Basit Hebb kuralı bu niteliktedir. Denetimli öğrenmede ise ağın çalışışma ilişkin öğretme bilgisi ağa oradaki sistemin dışından verilir.

Denetimsiz öğrenme çekici geliyor, çünkü bir anlamda sistem kendi kendine öğrenmektedir. Kuramcılar daha güçlü öğrenme kuralları geliştirdiler ama bunlar bazı girişler karşısında ağın tepkisinin iyi mi yoksa zayıf ya da kötü mü olduğunu söylemek için bir "öğretmen" gerektirmektedir. B öylesi kurallardan biri "delta kuralı"dır.

Bir ağı alıştırmak için alıştırmayı sağlayaeak bir giriş takımına gerek vardır (Biraz ileride NETtalk konusunda bunun bir örneğini göreceğiz). Buna "alıştırma takımı" denir. Bir işe yaraması için bu takım, ağın alıştırıldıktan sonra karşılaşması olası girişlere iyi bir örnek olmalıdır. Normal olarak alıştırma takımındaki işaretler birkaç kez uygulanmalıdır,

bundan dolayı iyi çalışmayı öğrenene dek ağa epey alıştırma gereklidir. Bunun bir nedeni bu tür ağların başlangıçta rasgele bağlantılarla kurulmuş olmasıdır. Oysa beyindeki bağlantılar bir ölçüde kalıtsal düzeneklerce denetlenmiş olduklarından, genellikle tümden rasgele başlamazlar işe.

Ağ nasıl alıştırılır? Alıştırma takımından bir işaret ağa uygulanır ve ağ bir çıkış üretir. Bu, çıkış nöronlarından her biri özel bir etkinlik durumundadır demektir. O zaman öğretmen, her çıkış birimine hatasını — yani etkinliğinin doğrudan ne kadar saptığını bildirir. Matematikte küçük ama sıfır olmayan fark anlamında kullanılan delta terimi, gerçek ile istenen etkinlik arasındaki işte bu sapmayı belirtir. Algoritma, yani ağın öğrenme kuralı da bu bilgiyi kullanarak ağın çalışmasını düzeltmek için ağırlıkların nasıl değiştirilmesi gerektiğini hesaplar. . .

İlk öğretme kurallarından biri Bernard Widrow ve M. E. Hoff ün buldukları “Adaline” denilen bir ağ için 1960’da ortaya konduğundan, delta kuralına WidrowHoff kuralı da denir. Kural öyle tasarlanmıştı ki toplam hata her adımda mutlaka azalıyordu.* Alıştırma ilerledikçe ağ sonuçta hatanın en az olduğu bir konuma gelecek demektir. Bu kadarı kesin. Ancak bunun yerel bir altdeğer .mi yoksa gerçekten genel bir altdeğer mi olduğu belirsizdir. Hatayı bir yeryüzü oluşumu olarak düşünürsek, volkanın tepesinde bir göle mi, düzlükte sığ bir su birikintisine mi, okyanusa mı yoksa, Ölü Deniz gibi batık bir denize mi ulaşmışızdır?

*Daha kesin bir deyişle, hata karelerinin ortalaması azalıyordu; bundan dolayı bn kurala bazen IMS (en küçük kareler ortalaması) kuralı da denir.

Alıştırma algoritması, yerel bir altdeğere doğru atılan adımlar küçük ya da büyük olacak biçimde ayarlanabilir. Büyük adımlı bir algoritma ağı yerel altdeğerin dolaylarında bir aşağı bir yukarı oynatabilir (yokuş aşağı giderken hızım alamayıp yine yukarı çıkar). Adımlar küçükse altdeğerin en dibine ulaşmak aşırı uzun sürebilir. Ama daha incelikli ayar yöntemleri de kullanılabilir.

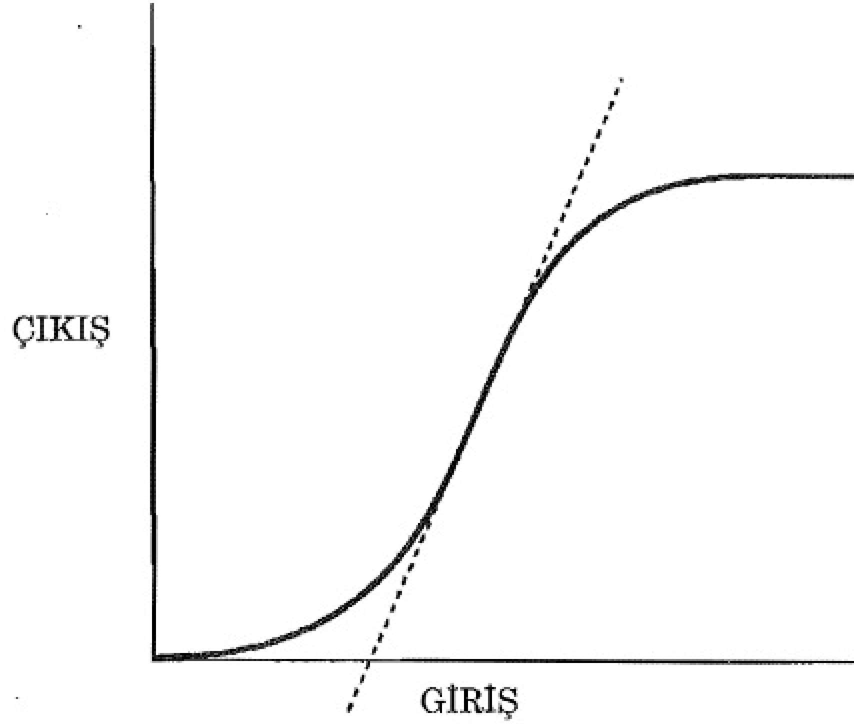
Geriyayılım, öğretmene gerek duyan öğrenme algoritmalarına özel bir örnektir, işleyebilmesi için ağın birimlerinin özel bir niteliği olması gerekir. Çıkışları ikideğerli (1 ve 0, ya da +1 ve 1) değil, dereceli olmalıdır. Bu değerler 0 ve 1 arasında olabilir. Bunun bir nöronun ortalama ateşleme

sıklığına (en üst hız 1 olarak alındığında) karşılık düştüğüne inanmak kuramcıların çok hoşuna gitmektedir, ancak bu ortalamanın hangi süre için hesaplanacağı konusunda kesin bir şey söyleyememektedirler.

Bu “dereceli” çıkış nasıl belirleniyor olabilir? Önceki gibi, her birim kendi girdilerinin ağırlıklı toplamını alır, ama bu kez gerçek bir eşik yoktur. Toplam çok küçükse çıkış da hemen hemen sıfırdır. Biraz daha büyükse çıkış artar ve toplam iyice büyüyünce çıkış da giderek en üst değerine ulaşır. Girişlerin toplamı ve çıkış arasındaki bu tipik ilişki Şekil 54’te gösterilen sigmoid eğri türündendir. Ortalama ateşleme sıklığı çıkış olarak düşünüldüğünde gerçek nöronların davranışı da bundan pek farklı değildir.

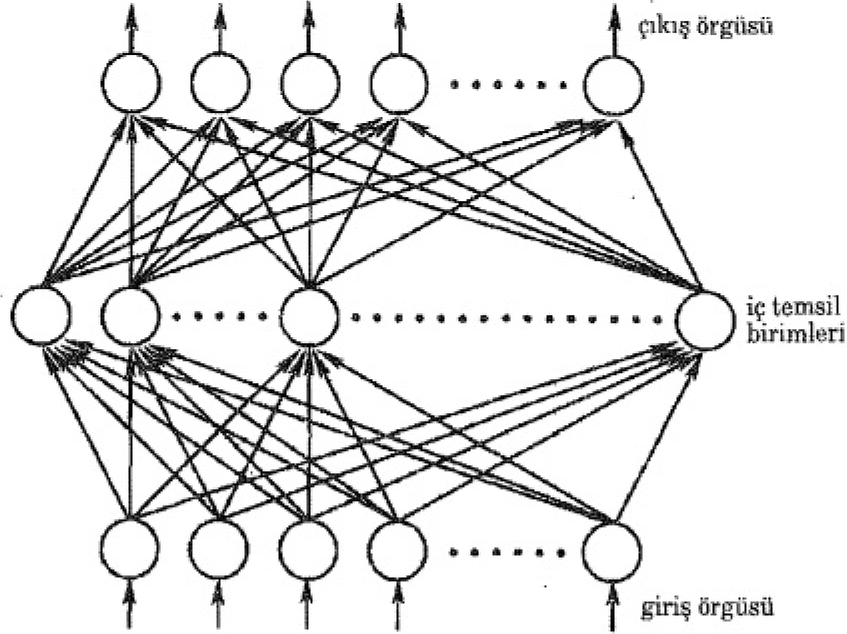
Bu pek de zararsız görünümlü eğrinin iki önemli özelliği vardır. Matematik anlamda “türevi alınabilir,” yani eğimi her yerde sonludur; geriyayılım algoritması bu özelliğe dayanmaktadır. Daha önemlisi, eğri doğrusal değildir, tıpkı gerçek nöronlar gibi. Girişi (içteki) iki katma çıkarınca çıkış iki katma çıkmaz. Doğrusal olmayan bu davranış sayesinde, tam doğrusal bir sistemin çözebildiğinden daha geniş bir yelpaze içindeki sorunları çözebilir.

Şimdi tipik bir geriyayılımlı ağa bakalım. Birimler genellikle üç belirgin katta bulunur (Bkz Şekil 55), En altta giriş katı vardır. Ondan sonraki kata “saklı birimler” katı denir, çünkü buradaki birimlerin ağın dışındaki dünyayla doğrudan bağlan tıları yoktur. En üstteki çıkış katıdır. En alt kattaki bir birim, bir üstteki kattaki her birime bağlıdır. Orta katta da durum böyledir. Ağın bağlantıları tek yönlüdür. Aynı kattaki birimler arasında bağlantılar bulunmaz; geriye doğru uzanan bağlantılar da yoktur. Daha basit bir biçimde kurulmuş olamazdı.



Şekil 54. Bir sinirsel ağ biriminin tipik giriş-çıkış eğrisi. Bu doğrusal olmayan bir eğridir (Kesikli çizgi doğrusal eğriyi gösteriyor).

Alıştırma başladığında kolaylık olsun diye ağırlıklara rasgele değerler verilir, dolayısıyla ağın herhangi bir giriş işaretine ilk tepkisi pek bir anlam taşımaz. Sonra bir alıştırma girişi verilir ve çıkış elde edilir. Geriyayılımlı alıştırma algoritmasına göre ağırlıklar ayarlanır. Bu şöyle yapılır: Yukarı katlardaki her birime (ağ alıştırma girişine karşı bir çıkış ürettikten sonra) çıkışının “doğru” çıkıştan ne kadar saptığı söylenir. O da bu bilgiyi kullanıp bir altındaki tabakanın birimleriyle arasındaki sinapslarm ağırlıklarında ufak ayarlamalar yapar. Sonra bu bilgiyi saklı kattaki her birime geri yayar. Her saklı birim yukarıdaki kattaki bütün birimlerden gönderilen bu hata bilgilerini biriktirdikten sonra bu bilgiyi ona en alt kattan gelen sinapslan ayarlamada kullanır.



Şekil 55. Basit bir çok-katlı ağ. Her bir birim üstündeki kattaki her birime bağlıdır. Yatay ya da geriye doğru bağlantılar yoktur. "İçteki temsil birimleri"ne çoğu kez "saklı birimler" denir.

Algoritmanın ayrıntılı işleyişi öyledir ki ağ bir bütün olarak hatalarını azaltacak biçimde ayarlanır. Bu süreç çok kez yinelenir (Algoritma* üçten fazla katı olan tek yönlü ağlara da uygulanabilecek ölçüde geneldir).

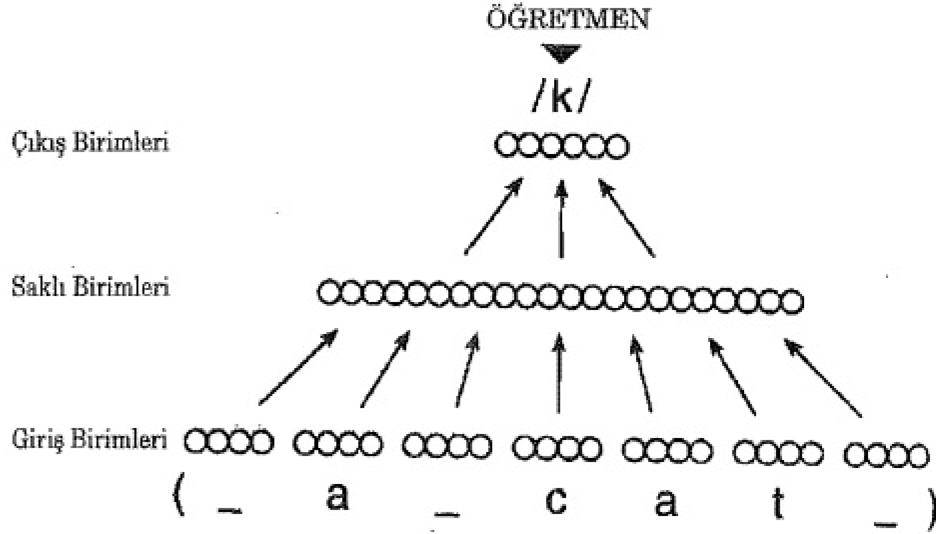
Yeterince alıştırıldıktan sonra ağ kullanıma hazırdır. Şimdi girişine genel (istatistiksel) nitelikleri alıştırma takımına benzeyen ama ondan farklı "deneme takımı" uygulanarak denenebilir (Bu aşamada alıştırılmış ağın iyi işleyip işlemediğini görmek için ağırlıklar sabit tutulur). Ağın çalışması yetersiz bulunursa tasarımcıdan en başa dönüp ağın yapısını, giriş ya da çıkışın temsil edilişini, alıştırma kuralının değişkenlerini ya da alıştırma miktarım değiştirmesi beklenir.

Bütün bunlar oldukça soyut gelebilir; bir örnekle açıklığa kavuşturalım. En çarpıcı gösterilerden birini 1987'de Terry Sejnowski ve Charles Rosenberg yaptı.[12] NETtalk adım verdikleri ağa verdikleri ödev yazılı İngilizce bir metini İngilizce konuşmaya çevirmekti. Bu basit bir iş değil, çünkü kuralsız yazımı yüzünden İngilizce, özellikle okunuşu zor olan bir dil. Elbette ağa İngilizce okunuş kurallarının hiçbiri verilmemişti. Ağ alıştırma süresinde bunları, her girişten sonra verilen düzeltmelerden

öğrenmek durumundaydı. Giriş harfler dizisi olarak ağa özel bir biçimde veriliyordu. NETtalkün çıkışı ise konuşma sesine karşılık simgeler dizisi oluyordu. Gösteriyi daha canlı hale getirmek için bu çıkış, tamamen ayrı bir hazır aygıta (sayısal konuşma üretecine) uygulanıyordu. Bu aygıt NETtalk'un çıkışından konuşma seslerini üretiyor ve böylece makinenin İngilizce metni "okuyuşü'nu dinlemeyi olanaklı kılıyordu.

İngilizcede bir harfin seslendirilmesi önceki ve sonrakilere büyük ölçüde bağlı olduğundan giriş katı aynı anda yedi harflik bir diziye bakıyordu. Çıkış katında ise fonemlerin gereken "eklemlenme özellikleri" için yirmi bir birim ve hece sınırlarını ve vurguları belirtmek için beş birim daha bulunmalıydı. Genel yapı Şekil 56'da gösteriliyor.

Makineyi alıştırmada gerekli sesçil karşılıkları bulunduran iki metinden parçalar kullanıldı ağı alıştırmak için. İlk metin MerriamWebster Cep Sözlüğünden alınmıştı. İkinci metin olarak seçtikleri de, biraz şaşırtabilir ama bir çocuğun biteviye konuşmasıydı. Ağırlıkların başlangıçta rasgele küçük değerleri vardı ve bunlar alıştırma süresince her sözcükten sonra yenileniyordu. Bilgisayar, yazılımı sayesinde bu işi verilen girişe ve (doğru) çıkışa bakarak kendi başına yapıyordu. Yazılım gerçek çıkışı değerlendirirken doğruya en yakın fonemi en iyi tahmin olarak kabul ediyordu. Bunda "eklemli" çıkış birimlerinden birkaçının katkısı bulunabiliyordu.



Şekil 56. NETtalk ağ yapısının çizgisel bir gösterimi. Bu, Şekil 55'teki genel şemanın özel bir durumuna örnektir. İngilizce bir metinden alınmış yedi "harf" (bu örnekte "a cat") 203 birimlik bir dizi girişe uygulanıyor. Bu birimlerden çıkan bilgi 80 "saklı" birimden oluşan bir ara kat tarafından dönüştürülerek 26 çıkış biriminde bir etkinlik takımı üretiyor.

Makineyi İngilizce "okuma"yı öğrenirken dinlemek büyüleyici geliyor.* îlkin başlangıçtaki rasgele bağlantılar nedeniyle karmakarışık bir ses dizisi duyuluyor. NETtalk kısa zamanda ünlüler ve ünsüzleri ayırt etmeyi öğreniyor ama ilk başta yalnızca tek bir ünlüyü ve ünsüzü biliyor, bundan dolayı konuştuğu saçmasapan geliyor. Sonra sözcüklerin sınırlarım tanıyor ve yalancı sözcüklerden diziler üretiyor. Alıştırma takımından on kez kadar geçtikten sonra sözcükler anlaşılır oluyor ve küçük bir çocuğun konuşmasını andırıyor.

Tabii bu sonuç mükemmelden çok uzak. NETtalk İngilizce söylenişin anlama bağlı olduğu durumları hiç bilemiyor' Birbirine yakın sesleri hep karıştırıyor. Ama aynı çocuktan alman bir başka metinde oldukça başarılı oluyor. Böylece 1024 sözcüklü küçük alıştırma takımından öğrendiklerini daha önce karşılaşmadığı yeni sözcüklere aktarabildiğini gösteriyor. Buna "genelleme" denir.

Kullanılan bilgisayar, çıkışım konuşma hızına yetiştirecek kadar hızlı çalışamadığından çıkış önce kaydedilip sonra hızlı çalınarak anlaşılır hale getiriliyordu.

Ağın alıştırıldığı sözcükleri kaydettiği bir arama tablosu oluşturmadığı açık. Genelleme gücü İngilizce söylenişteki fazlalıktan kaynaklanıyor. Her İngilizce sözcük kendine özgü bir biçimde okunmaz, İngilizceyi yeni öğrenen yabancılar haklı olarak böyle düşünseler de (Sorun İngilizcenin hem Latin hem de German ailesinden ikili temeli olması ki bu' İngilizcenin sözcük hâzinesini zenginleştirmiştir.

Bir sinirsel ağın gerçek nöron topluluklarının çoğuna göre avantajlarından biri de alıştırıldıktan sonra saklı birimlerini inceleyip ahş alanının ne kadar olduğunu görmenin kolaylığıdır. Tek bir harf yalnızca birkaç saklı birimde mi etkinlik oluşturuyordu, yoksa çok sayıda saklı birime yayılan holografik bir etki mi yaratıyordu? İlk şık daha yakmdı bu sorunun yanıtına. Her harfses bağıntısına karşılık özel bir saklı birim olmamakla birlikte bu bağıntı saklı birimlerin hepsine yayılmış da değildi.

Buna dayanarak saklı birimlerin davranışının nasıl kümelendiğini (yani ortak niteliklerini) ölçebildiler. Sejnowski ve Rosenberg “...en belirgin özelliğin ünlü ve ünsüzlerin birbirlerinden tümüyle ayrılmış olması” olduğunu buldular. Ancak bu iki takım içinde saklı birimler farklı biçimlerde kümeleniyordu. Ünlülerdeki en önemli değişken harf iken, ünsüzler daha çok seslerin benzerliği temelinde karışık bir stratejiyle kümelenmişlerdi.

Nöron ağlarında olağan karşılanan oldukça dağınık bu düzenin önemi, beyin kabuğundaki (örneğin görme sistemindeki) gerçek nöronların tepkilerine olağanüstü benzemesi ve bir mühendisinin elinden çıkabilecek temiz bir tasarımla yakından uzaktan bir ilişkisi olmayışı.

Şu sonuca vardılar:

NETtalk, öğrenmenin pek çok yönünü minik bir modelde gösteriyor. Birincisi, ağ deneycilerin belirlediği giriş ve çıkışların temsil edilişi biçiminde epey bir “iç” bilgiyle başlıyor işe. Ama İngilizceye özgü bir bilgisi yok ağın ağ, aynı harfler ve fonemlerle herhangi bir dile de alıştırılabilirdi. İkincisi, ağ becerisini alıştırma sonucu elde etmektedir. Belli aşamalardan geçtikten sonra belirgin bir başarı düzeyine ulaşmaktadır. Son olarak da bilgi ağda yayılı bir biçimde bulunduğundan tek bir birim ya da bağlantı vazgeçilmez önem taşımamaktadır. Bundan dolayı ağ hataya

dayanıklıdır ve giderek artan hasar karşısında yavaş yavaş bozulmaktadır. Üstelik hasardan sonraki iyileşmesi ilk öğrenmesinden daha çabuk gerçekleşmektedir.

İnsanda öğrenme ve insan belleğine olan bu benzerliklere rağınen NETtalk çok basit olduğundan insanlarda okuma becerisinin kazamlışma iyi bir model görevi yapamamaktadır. Ağ insan gelişiminde iki aşamada gerçekleşen bir şeyi tek bir aşamada yerine getirmeye çabalamaktadır. Çocuklar önce konuşmasını öğrenirler; okumayı ise ancak sözcükler ve anlamlarını temsil etme yeteneğini geliştirdikten sonra öğrenirler. Bir de harfses bağıntılarım kullanma yeteneğimize ek olarak sözcüklerin birbirlerine eklemli temsiliyle ilgili bir yeteneğimiz bulunuyor olmalı, oysa ağda sözcük düzeyinde temsil diye bir şey yok.

Ağın hiçbir yerine İngilizce söyleniş kurallarının, olağan bir bilgisayar yazılımındaki gibi açık bir biçimde yerleştirilmiş olmadığına dikkat ediniz. Bu kurallar bağlantı ağırlıklarının öğrenilmiş örüntüsünde saklıdır. Bir çocuk da anadilini işte böyle öğrenmektedir. Doğru konuşmayı öğrenir ama beyninin hangi üstü kapalı kuralları kullanarak bu işi yaptığına ilişkin en ufak bir fikri yoktur.*

NETtalk'da yukarıda sözü edilenler dışında daha bir çok basitleştirmeye gidilmiştir. Yaratıcıları yaygın temsile inandıkları halde hem girişe hem de çıkışa 'büyükannelik" yaptılar yani tek bir birim örneğin "giriş penceresindeki üçüncü harf olan a"yı temsil etmekteydi. Bu yola hesap süresini kısaltmak için başvurulmuştu ve akla uygun bir basitleştirmeydi. Yedi harfli bir pencereye verinin birbiri peşi sıra girilmesi biyoloji gerçeğinden oldukça uzak ama bir Y.Z. yazılımı bunu pekâlâ kabul ediyor. Çıkıştaki, kazanan hepsini alır aşamasım da "birimler" gerçekleştirmiyordu ve istenen çıkış ile gerçek çıkış (öğreten işaret) arasındaki farkı bildirecek bir birim takımı da yoktu. Her iki işlemi de yazılım yerine getiriyordu.

NETtalk pek çok yanıyla biyoloji gerçeğinden uzaktı. Birimler bir nöronun yalnızca ya uyarma ya da bastırma üretebileceği (her ikisini de yapamayacağı) kuralını çiğniyordu. Daha ciddisi, geriyayılma algoritmasını tam anlamıyla uygulamaya kalkarsak öğretici bilginin, ileri doğru işlem bilgisini taşıyan aksonlar boyunca hızla geri gönderilmesi gerekir. Beyinde

böyle bir şey pek olası değil. Bunu dışarıdan devrelerle gerçekleştirme girişimleri olduysa da bu bana biyojiye tamamıyla aykırı bir zorlama gibi geliyor.

Tüm bu kısıtlılığına karşın NETtalk oldukça basit bir nöron ağının neler yapabileceğini çok etkileyici biçimde gözler önüne seriyor. Beşyüzden az birimi ve yirmi bin kadar bağlantısı olduğunu anımsayacaksınız. Dipnotta ve yukarıda belirttiğim kısıtlamalar ve kestirme yöntemler olmasaydı bu sayılar artabilirdi ama bu artış haydi diyelim on katı geçmezdi. Beyin kabuğunda kenarları milimetrenin dörtte biri olan bir kare (toplu iğnenin başından küçük) yüzeyin altında beşbin nöron bulunduğunu düşünürseniz, insan beyninin yanında NETtalk minnacık kalır.Boyuna bakmadan böylesi karmaşık bir işi öğrenebilmesi daha da etkileyici.

Bir başka nöron ağı Sidney Lehky ve Terry Sejnowski tarafından ortaya atıldı. Ağlarına yükledikleri görev, belli nesnelerin üçboyutlu şekillerini gölgelerinden çıkarmaktı, ama ağa ışık kaynağının yönü belirtilmeden (Dördüncü bölümde tanımlanan “gölgesinden şekli çıkarma” olarak adlandırılabilecek problem). Saklı kattaki birimlerin alış alanlarını incelediklerinde şaşıp kaldılar. Bunların bazıları beynin birinci görme bölgesi VTdeki nöronların deneylerle belirlenen uyarı alanlarına benziyordu. Bunların kenar ya da şerit seçici oldukları düşünülegelmişti ama ağa alıştırma sırasında ne kenar ne de şerit örnekleri gösterilmişti. Üstelik tasarlayıcıları da koymamışlardı alış alanlarını ağa. Bunlar alıştırma sonucu kendiliğinden ortaya çıkmıştı. Ayrıca ağa bir şerit gösterilip denendiğinde çıkış katmdaki birimler

Vl’de “uçta durma” özelliği olan karmaşık hücreler (Bkz. on birinci bölüm) gibi tepki göstermekteydi.

Hem ağ hem de geriyayılma algoritması pek çok yönüyle biyolojiden uzaktı ama bu örnek, durup geçmişe baktığımızda daha önce de bulabilmiş olmamız gereken bir noktayı belirtiyor: Bir nöronun işlevi yalnızca alış alanına bakılarak bulunamaz. On birinci bölümde de değinildiği gibi, uzanım alanını da yani aksonlarım hangi nöronlara gönderdiğini de bilmek önemlidir.

Nöron ağlarında “öğrenme” olayımnm iki uç örneği üzerinde yoğunlaştık; (Hebb kuralıyla örneklenen) denetimsiz öğrenme ve (geriyayılımlı) denetimli öğrenme. Ancak bunların dışında birkaç genel sınıfta toplanabilecek başkaları da var. Bunların içinde ilk ikisi kadar önemli bir tanesi “rekabetçi öğrenimedir.Bundaki temel düşünceye göre ağın işlemesinde “kazanan hepsini alır” düzeneği bulunur ve böylece bir birim (ya da daha gerçekçi olarak birkaç tanesi) girişin önemini en iyi biçimde açıklayabildiği için ötekilerini bastırır. Öğrenme sürecinde, sistemdeki bağlantıların tümü yerine yalnızca o adımda kazanana yakın olan bağlantılar ayarlanır. Bu ağ genel olarak (standart bir geriyayılımlı ağ gibi) üç katlı bir modelle temsil edilebilir ama önemli bir farkı orta kattaki birimlerin arasında kuvvetli bağlantıların bulunmasıdır. Bu bağlantıların kuvveti genellikle ayarlanabilir olmayıp sabittir. Öyle dizilmişlerdir ki yakınlarda uyarıcı ama uzaklarda bastırıcı etkide bulunurlar; birim, yakın komşularıyla iyi arkadaşlık etme, uzaktakilerle ise hırlaşma eğilimindedir. Bu düzenlemeye göre orta kattaki birimler tüm ağdaki etkinlikte başa güreşmektedir. Dikkatle tasarlanmış bir ağda her bir denemede çoğu kez tek bir kazanan ortaya çıkar.

Böyle bir ağa dışardan bir öğretici gerekmez. Ağ kendi kendine en iyi tepkiyi bulur. Öğrenme algoritması öyledir ki yalnızca kazanan birim ve komşuları giriş ağırlıklarım ayarlarlar. Bunu da belli bir tepkiyi gelecekte daha olası kılacak bir biçimde yaparlar. Öğrenme algoritması ağırlıkları otomatik olarak gerekli yöne ittiği için her bir saklı birim belli bir tür girişle ilişkilenir.[12]

Şimdiye dek ele aldığımız ağların hepsi de belli bir süre sonra durağan bir çıkış üreten durağan girişlerle ilgiliydi. Bir melodiyi ıslıkla çalmak ya da bir dili konuşmak gibi zaman içinde akışla ilgili beyin işlemleri olduğu açık. Bu problemleri ilkel bir biçimde ele alacak ağlar tasarlanmış ama henüz pek geliştirilememiş (NETtalk’ın zamanla değişen bir çıkış ürettiği doğru ama bu ağın kendisinin değil de ağa girilen ve ağdan alman bilginin bir özelliği).

Dilbilimcilerin vurguladıkları gibi, konuşmaya ilişkin işlemleri (dilbilgisi kuralları gibi) şimdilik en iyi Y.Z. kuramına göre tasarlanmış yazılımlar yerine getiriyor. Temelinde bunun nedeni ağların yüksek

koşutlukta işlemlerde üstün olmalarıdır; oysa dil işleri bir ölçüde ardışık bir işleme istiyor. Beynin de, alttaki koşut işleme düzeninin üzerinde, doğası bir ölçüde ardışık olan dikkat sistemleri vardır. Şimdiye kadarki nöron ağları böyle ardışık işlemenin gerektirdiği karmaşıklığa ulaşamadılar, ancak eninde sonunda oraya gelinecek.

Gerçek nöronların (aksonları, sinapsları ve dendritlerinin) işleme süreçlerinde kaçınılmaz olarak gecikme ve değişimler olmaktadır. Nöron ağlarını tasarlayanların çoğu bu nitelikleri kaçınılması gereken zararlı etkiler olarak göregelmişlerdir. Bu yanlış bir tutum ol sa gerek. Evrim bu değişimleri ve gecikmeleri hesaba katarak ve onları yararlı yönde kullanarak ilerlemiş olmalıdır.

Bu nöron ağlarına gelebilecek eleştirilerden biri, gerçekten çok uzak öğrenme algoritmaları kullandıkları için beyni açıklamada pek işe yaramıyor olmaları. Bu eleştiriye iki yanıt verilebilir. İlki, biyolojiye daha uyarlı gözüken algoritmalar denemek. İkincisi ise daha genel ve kuvvetli yamt. Şimdi San Diego’daki Kaliforniya Üniversitesi ’nde nöron kuramcısı olan molekül biyologu David Zipser, geriyayılımm incelenen sistemin doğasım belirlemede gerçekten çok iyi bir yöntem olduğuna işaret etti.[14] Buna “nöron sisteminin kimliğinin belirlenmesi” diyor. Savma göre ağın yapısı gerçeğe yeterince yaklaşıksa ve sistem yeterince sınırlandırılmışsa, hataları en aza indiren bir yöntem olarak geriyayılım, genel nitelikleriyle gerçek biyolojik sonuca benzeyen bir sonuca ulaşacaktır. Böylece biyolojik sistemin nasıl davrandığını anlama yolunda doğru yönde atılmış bir adım olacaktır.

Nöronlar ve bağlantılarının yapısı kabul edilebilir ölçüde gerçekçi ise ve sistem üzerine yeterli sınırlamalar konmuşsa, ortaya konan model gerçek şeye yeterince yakın olacağından işe yarayacaktır. Böylece modeli oluşturan unsurların davranışı ayrıntılı olarak incelenebilir. Bu, hayvanlar üzerinde yapılan eşdeğer deneylerden çok daha çabuk ve daha özenle gerçekleştirilebilir.

Bilimsel Ödevin burada bitmediğini kavramak çok önemli. Örneğin modeldeki belli bir sınıf sinapslarm modeldeki geriyayılımm gerektirdiği belli bir biçimde değişeceğini gösteriyor olabilir eldeki model. Oysa gerçek sistemde geriyayılım bulunmayabilir. Bu durumda modelci o sınıf

sinapslara uygun gerçekçi bir öğrenme kuralı bulmak zorundadır. Örneğin bu tür sinapslar için Hebb kuralının belli bir biçimini uygulamak yeterli olabilir. O zaman model bu gerçekçi (yerel) öğrenme kurallarıyla (bu kurallar modelin değişik parçalarında farklı olabilir) ve gerekiyorsa ek işaretlerle yeniden işletilir.

Model hâlâ çalışıyorsa deneyciler bu tür öğrenmenin öngörülen yerlerde gerçekten de yer aldığım göstermek ve böylesi bir Öğrenmeyi sağlayan hücre ve molekül düzeyindeki düzenekleri ortaya çıkararak bunu desteklemek zorundadırlar. Ancak bu yoldan “ilginç” deneylerle oynamaktan çıkıp gerçek bilimle sınanmış sonuçlara ulaşabiliriz.

Bu durumda denenecek çok sayıda model (ya da bunların az farklı biçimleri) var. Neyse ki son derece hızlı ve ucuz bilgisayarlarm geliştirilmesiyle şimdi çok sayıda model taklit edilebiliyor ve böylece belli bir düzenlemenin gerçekten beklendiği gibi davranıp davranmadığı hemen sınanabiliyor. Ama arzulandığı kadar büyük ve karmaşık modelleri denemek en yeni bilgisayarlarla bile zor oluyor.

Modellerin hepsini taklit ederek denemekte ısrar etmenin iki kötü yan ürünü var. İleri sürülen model oldukça başarılıysa yaratıcısı onun doğru olmadığına inanmakta zorluk çekiyor. Oysa deneyimler gösteriyor ki birbirinden oldukça farklı modeller aynı davranışta bulunabiliyor. Bunların hangisinin gerçeğe en yakın olduğuna karar verebilmek için başka kamtlar gerekebiliyor, örneğin beynin o bölümündeki gerçek nöron ve moleküllerin kesin nitelikleri gibi.

Bir başka tehlike de başarılı taklitlere verilen aşırı önemin soruna daha geniş yaklaşımları düşünmeyi engelleyerek kuramasal yaratıcılığı boğınası. Doğa çok tuhaf biçimlerde işler. Soruna dar görüşlü bir yaklaşım ileride meyve verebilecek bir düşüncenin başlangıçta biraz zorluk çıkarttığı için terketmedilmesine götürebilir. Oysa evrim o zorluğu giderecek küçük bir hile üretmiş olabilir. Bütün bu çekinceler bir yana, bir kuramı taklit yoluyla denemek akla uygundur, hiç olmazsa gerçekte nasıl işlediği konusunda bir fikir verdiği için.

Nöron ağlarına ilişkin ne diyebiliriz sonuç olarak? Temel yapıları beyne sıradan bir bilgisayarmkinden daha çok benziyor. Yine de birimleri gerçek

nöronlar kadar karmaşık değil ve ağların çoğunun yapısı beyin kabuğundaki bağlantılarla karşılaştırıldığında büyük ölçüde basit kalıyor. Şimdilik sıradan bir bilgisayarda akla uygun bir sürede taklit edilebilmesi için bir ağın son derece küçük olması gerekiyor. Gittikçe daha hızlı ve daha koşut (ağa benzer) çalışan bilgisayarlar piyasaya çıkınca bu değişecek ama her zaman önemli bir engel olabilir.

Tüm bu sınırlamalara karşın nöron ağları şaşırtıcı bir başarı çizgisini sürdürmekte bugünlerde. Bu dal yeni fikirlerle dolup taşmakta. Bunların pek çoğu unutulup gidecek olsa da ağları anlamada, sınırlılıklarını kavramada ve onları mükemmelleştirmek için yeni marifetler eklemede kararlı bir ilerleme olacak. Bu ağların önemli ticari uygulamaları bulunabileceği bir gerçek. Bu, kuramcıları bazen biyoloji gerçeğinden çok uzaklara götürse de uzun dönemde hem yarayışlı fikirler, hem de yarayışlı aygıtlar üretecektir. Belki de nöron ağları üzerindeki bunca çalışmanın en önemli sonucu beynin nasıl işliyor olabileceği konusunda yeni düşünceler ortaya koyması olacak.

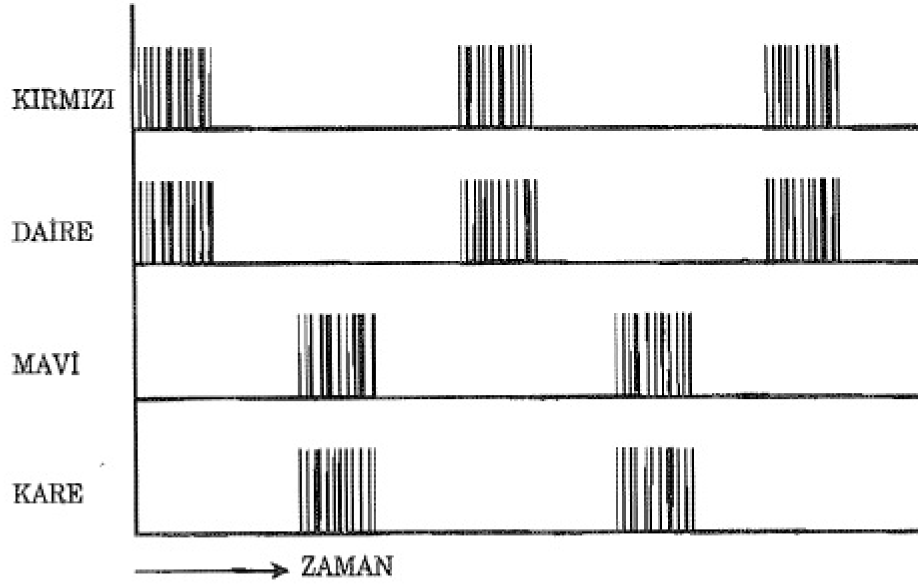
Geçmişte beyin pek çok yönden tamamıyla anlaşılamaz görünüyordu. Bütün bu yeni kavramlar sayesinde şimdi hiç olmazsa bir gün beynin biyoloji gerçeğine uygun bir modeli çıkarılabilmesine olasılık tanınabiliyor. Beynin ancak bir ölçüde sınırlı yönlerini yakalayabilen ve biyoloji açısından kabul edilemez modeller aşılacak. Bu yeni düşünceler daha şimdiden deneye yaklaşımımızı derinleştirdi. Tek tek nöronlara ilişkin neleri anlamamız gerektiğini daha iyi biliyoruz. Bağlantıların yeterince kavrayamadığımız yanlarına işaret edebiliyoruz (beyin kabuğunda geri ileten yollar gibi). Tek bir nöronun davranışını yeni bir ışık altında görebiliyor ve deney planlarında bundan sonraki ilk işin onların takım halinde davranışlarını incelemek olduğunun farkına varıyoruz. Nöron ağlan daha çok fırın ekmek yemek zorunda ama sonunda iyi bir başlangıç noktasına geldik diyebiliriz.

*V4’ten VTe kuvvetli geri bağlantılar olmasına karşm Vl’den V4’e olsa olsa çok zayıf bir geri uzanım bulunmaktadır.

*Yine de bazı kuramcılar çalıların arasında sessizce çalışmayı sürdürdüler. Bunların arasında Stephen Grossberg, Jim Anderson, Teuvo Kohonen ve David Willshawüı sayabilirim.

*Her bir girişin birime etkisi, girişin ağırlığım (1 ya da +1 değerindeki) anlık giriş işaretiyle çarparak

hesaplamyordu (Örneğin o andaki işaret 1 ve ağırlık +2 ise, bunun birime etkisi 2 oluyordu).
*Bu ağın temeli, fizikçiler tarafından bulunmuş ve “dönmelerin canu” denilen kavramdan esinlenen daha önceki ağlara dayanıyordu.
*Bu, dönmelerin camı benzerliğinden dolayı “enerji işlevi” denen iyitamnılı bir matematiksel işlevin (yerel) altdeğerine karşılık gelmekteydi. Hopfield ayrıca ağdaki belirli bir etkinlik biçimini enerji işlevinin altdeğerine getirecek ağırlık takımını belirlemek için basit bir kural da buldu.
*Yirmidokuz “harf’in her biri için bir birim bulunması gerekiyordu; alfabenin yirmi altı harfi artı üç tane de sözcük arası ve noktalama işareti için. Bundan dolayı giriş katında 29x7=203 birim olmalıydı.
*Buna bir örnek olarak, p ve b ünsüzlerine kapantıh çiftdudaksıllar denir, çünkü her ikisi de kapalı ağız ile başlar.
*Orta (saklı) katta ilkin seksen tane saklı birim vardı, ama daha sonra 120 tane ile daha iyi çalıştığı görüldü. Ağırlıklarının makine tarafından ayarlanması gereken yirmi bin kadar sinaps vardı. Ağırlıklar artı ya da eksi olabiliyordu. Bunu yapacak büyük ölçüde koşut gerçek bir ağ kuracaklarına o zamanlar orta hızı! bir bilgisayar sayılan VAX11/780 FPA üzerinde ağı taklit ettiler.
*Sejnowski ve Rosenberg ayrıca ağın, bağlantılarına verdikleri rasgele zararlara karşı oldukça dirençli olduğunu ve bu koşullarda çalışmasının “yavaş yavaş kötüleştiğini” gösterdiler, Bundan başka yedi yerine on birli harfli girişleri denediler. Bu, haşarıyı Myîik ölçüde artırdı. İkinci bir saklı kat eklemek ise sonucu iyileştirmedi ama ağ daha iyi genelleme yapabildi.
*Bu karşılaştırma adaletli değil, çünkü nöron ağının birimi beyinde küçük bir nöron . takımı olarak düşünülmelidir. Bundan dolayı belki seksen bin nöron (bir milimetre karede bulunan) karşılaştırma için daha uygun bir sayı olacak.
*Stephen Grossberg, Teuvo Kohonen ve çalışma arkadaşlarınca geliştirildi.
*Rekabetçi ağların kısıtlılıklarına girmeyeceğim. Ağın verilen girişlerin hepsini kullanarak kendisini eğitmeye çalışması için yeteri kadar saklı birim bulunması gerektiği açık. Alıştırma ne çok çabuk ne de çok yavaş olmalı, vb. Böyle ağların doğru dürüst çalışabilmeleri için dikkatle tasarmanmış olmaları gerekir. Hiç kuşkusuz yakın bir gelecekte rekabetçi öğrenim temel düşüncesine dayalı daha karmaşık uygulamalar icat edilecek.



Şekil 57. Kısa düşey çizgilerin her biri o anda ateşleyen bir nöronu temsil etmektedir. En üstteki yatay eksen "kırmızı" işareti veren nöronun ateşlemesini gösteriyor. Onun altındaki ise "daire"ye işaret edeni, vb. Beyin dairenin mavi değil de kırmızı olduğunu çıkarabiliyor, çünkü kırmızı nöron daire nöronuyla aynı zamanlarda ateşliyor, oysa mavi nöron tamamıyla değişik anlarda ateşliyor. Bunu "kırmızı" ve "daire" nöronlarının ateşlemelerinin *ilintili* oluşuyla belirtebiliriz ("mavi" ve "daire" nöronları için de böyle), oysa "kırmızı" ve "daire" arasındaki çapraz-ilinti sıfırdır (Örnek öğretici olsun diye aşırı basitleştirilmiştir).

3

XIV. Bölüm
Görsel Farkındalık

Felsefe her an gözümüzün önünde duran o muazzam kitapta -yani evrende- yazılıdır, ama önce dilini öğrenmeden ve hangi sembollerle yazılmış olduğunu kavramadan anlayamayız onu.

Galileo

Şimdiye dek anlattıklarımızın bir üzerinden geçelim. Kitabın ana fikri, Şaşırtan Varsayım, bireyin birbırleriyle etkileşen korkunç sayıda nöronların davranışından oluştuğu. Ben ve Christof Koch bilinç sorununa en iyi yaklaşımın, insanda ve ona yakın canlılardaki görsel farkındalık üzerinde çalışmak olduğunu öneriyoruz. Ancak insanların nesneleri nasıl gördükleri öyle basit bir olay değil. Görme hem karmaşık hem de bitiştirici bir süreç. Ruhbilim deneyleri, onun altta büyük ölçüde koşut bir düzenek ve bunun üzerindeki ardışık bir “dikkat” düzeneğinden oluştuğunu gösteriyor. Ruhbilimciler görme süreçlerinin genel doğasım açıklamaya yönelik bir çok kuram üretmişlerse de aralarında beynimizdeki nöronların nasıl davrandığıyla ilgileneni pek yoktur.

Beynin kendisi nöronlardan ve çeşitli destek hücrelerinden oluşmuştur. Nöron ise molekül düzeyinde karmaşık, genellikle oldukça tuhaf ve şekilsiz bir nesnedir. Nöronlar elektriksel işaretçilerdir. Gelen elektriksel ve kimyasal işaretlere hemen tepki göstererek, hücre çaplarından kat kat uzun olan aksonları boyunca hızlı elektrokimyasal darbeler gönderirler. Belirgin türleri olan nöronlardan korkunç sayıda vardır beyinde ve bunlar birbirleriyle karmaşık biçimlerde etkileşirler.

Beyin modem bilgisayarların çoğu gibi genel amaçlı bir makine değildir. Tam gelişkin her parçası bir ölçüde değişik ve özgül bir işi yerine

getiriyor olsa da hemen her tür tepki için birçok parçası birlikte etkindir. Beyinleri hasara uğramış insanların incelenmesi ve insan beynini kafatası dışından tarayan modern yöntemler, bu genel açıklamayı desteklemektedir.

Görme sisteminin sanıldığından çok daha fazla sayıda belirgin kabuk bölgesi bulunmaktadır. Bu bölgeler kısmen basamaklı bir tarzda birbirleriyle bağlantılıdır. Alt basamaktaki kabuk bölgelerindeki (yani göze yakın) bir nöronun ilgisi görsel sahnenin yalnızca küçük bir kırıntısının basit nitelikleriyle sınırlıdır (Aslında bu nöronlar bile bu kırıntıdaki görsel içerikten etkilenirler). Daha yukarı kabuk düzeylerindekiler daha karmaşık görsel nesnelere (yüz ve el gibi) daha iyi tepki gösterirler ve bu nesnelerin görsel sahnenin tam olarak neresinde olduğu konusunda titizlenmezler. Etkinliği görsel farkındalığımızm genel içeriğine karşılık gelen hiçbir kabuk bölgesi yok gibidir.

Beynin nasıl çalıştığını anlamak için nöron takımlarının birbirleriyle nasıl etkileştiklerini tanımlayan kuramsal modeller geliştirmeliyiz. Elimizdeki modellerdeki nöronlar aşırı basit kalıyor. Bir önceki kuşaktakilere göre kat kat hızlı çalışan modem bilgisayarlar bile bu nöronları ve bağlantılarını ancak az sayıdaysalar taklit edebiliyor. Yine de, birkaç çeşidi bulunan bu ilkel modeller, bazı yönleriyle şaşılacak ölçüde beyne benzeyen davranışlar gösterebiliyor. Beynin nasıl çalışıyor olabileceği konusunda bizi yeni düşüncelere yöneltmeye yardım edebilir bunlar.

O halde bu bilgilerin ışığında yaklaşmalıyız görsel farkındalık sorusuna: Ne gördüğümüzü, nöronların etkinliği bağlamında nasıl açıklayabiliriz? Bir başka deyişle, görsel farkındalığın “sinirsel karşılığı” nedir? Bu “farkındalık nöronları” nerededir? Beynin tek bir yerinde midirler, yoksa her tarafa dağılmış mıdırlar? Davranışları öteki nöronlardan farklı mıdır?

Yine ikinci Kısımda kabaca tanımlanan düşüncelerden yola çıkalım. Görsel farkındalıkta tam olarak hangi ruhbilimsel süreçler bulunmaktadır? Bu değişik süreçlerin beyindeki yerlerini belirleyebilirsek, aradığımız farkındalık nöronlarını bulmamız kolaylaşacak.

Philip JohnsonLaird beyinde tıpkı modern bir bilgisayardaki gibi bir işletim sistemi bulunduğunu ve bunun etkinliğinin bilince karşılık olduğunu öne sürdü. Akü Modelleri adlı kitabında bu düşüncesini daha geniş bir çerçeveye oturtuyor. Orada, bilinçli ve bilinçdışı süreçlerin ayrı olmasının beyindeki koşut işleyişten kaynaklandığını ileri sürüyor. Böylesi koşut bir işleyiş, organizmanın hızlı çalışan özel duyu, zihin ve hareket sistemleri geliştirmesini sağlar, çünkü nöronları (birbirlerini beklemeden) aynı anda işleyebilirler; bunu görme sistemi için daha önce anlatmıştım. Bu etkinliğin ardışık çalışan bir işletim sistemi tarafından denetlenmesiyle kararlar çabuk ve daha esnek bir biçimde verilebilir. Kabaca bir benzetmeyle , bu bir orkestra yöneticisinin (işletim sistemi) orkestra üyelerinin tümünün aynı andaki (koşut) etkinliğini denetlemesi gibidir.

Bu işletim sistemi, denetlediği nöron sisteminin çıkışını izlemekle birlikte, Laird'e göre nöronların işleyişinin ayrıntılarını bilemez, yalnızca onların sunduğu sonuçlara bakabilir. Beynimizde ne olup bittiğini içgözlem yoluyla ancak sınırlı ölçüde bilebiliyoruz. Beynin işletim sistemine sunulan bilgileri oluşturan çok sayıda işleme ise hiç erişemiyoruz. Laird işletim sisteminin büyük ölçüde ardışık işlediğini öngördüğünden, kendi deyişiyle içgözlemde "Özünde koşut kavramları ardışık bir kalıba zorla sokmaya çabalarız." Bundan dolayı içgözlem epey yanlış sonuçlara vardırabilir.

JohnsonLaird düşüncelerini açık ve kuvvetli bir biçimde belirtiyor ama beyni nöronlar bağlamında anlamak istiyorsak bu işletim sisteminin yerini ve doğasını belirlemek zorundayız. Nitelikleri modern bir bilgisayardakinin aynısı olmayabilir. Beynin işletim sisteminin kesinkes belli bir özel yerde bulunması beklenmiyor. İki anlamda da dağınık olması daha olası: Beynin değişik parçalarının etkileşimini gerektirebilir ve de bu parçalarının her birindeki etkin bilgi birçok nörona dağılmış olabilir. JohnLaird'in beynin işletim sistemini tanımlayışı akla talamus'u getiriyor ama talamusta görsel farkındalığın içeriğininin hepsini temsil edebilecek sayıda nöron yok, ancak bu saptama henüz sınanmış değil.

Daha olası görünen, beyin kabuğundaki bazı nöronların (hepsi değil) bunu talamus etkisinde yapıyor olmaları.

Farkındalığın sinirsel karşılığını beyindeki farklı işlevsel merdivenlerin hangi basamaklarında aramalıyız? JohnsonLaird işlem merdivenlerinin en

üst katında bir işletim sisteminin bulunduğuna inanıyor, oysa daha önce gördüğümüz gibi Ray Jackendoff bilincin ortadaki düzeylere daha yakın olduğunu düşünüyor. Hangi düşünce akla daha uygun?

Jackendoffun görsel farkındalığa ilişkin görüşü* David Marr’m 21/2 B (iki buçuk boyutlu) taslak düşüncesine kabaca altıncı bölümde tanımlanan, görünen yüzeylerin gözlemci merkezli temsiline dayanıyor. Marr’m 3B (üçboyutlu) modeline d ay anmamasınm nedeni insanların görüş alanındaki nesnelerin yalmzca görünen taraflarım doğrudan algılamaları; nesnenin görünmeyen arka tarafının varlığı yalnızca bir çıkarsama oluyor. Öte yandan görsel anlamanın farkında olunan şeyin “kavramsal yapılar’la birlikte 3B model tarafından belirlendiğine inanıyor. Kullandığı bu parlak sözcüklerle ortadüzeyde bilinç kuramıyla ne demek istediğini anlatmış oluyor.

Bir örnek bunu açıklığa kavuşturabilir: Size sırtı dönük duran birine baktığınızda yüzünü değil ama kafasının arkasını görüyorsunuz. Yine de beyniniz arkada bir yüz olduğunu çıkarıyor. Bu çıkarsamayı yapıyoruz, çünkü dönüp de kafasının ön tarafında bir yüz olmadığım gösterse şaşıp kalacaktınız. Bu gözlemcimerkezli temsil, kafasının arkasmda ne gördüğünüze karşılık düşüyor. Canlı olarak farkında olduğunuz budur. Beyninizin kafanın önüne ilişkin yaptığı çıkarsama bir tür 3B modele dayanmaktadır. Jackendoff bu 3B modelin doğrudan bilincinde olmadığınıza inanıyor (hatta bu arada düşüncelerinizin de). Bilinen soruyu anımsayın: Ağzımdan çıkanı duymadan ne düşündüğümü nereden bileyim?

*Jackendoffun düşüncelerini çarpıtmadan özetlemek olanaksız. Daha derinlere dalmak isteyen okuyucular onun kitabına başvurmalılar. Sesbilim, dilbilgisi ve dilbilimsel anlam konusundaki savlarını, ya da müziğin algılanmasına yaklaşımım iletmeye yeltenmiyorum. Bunun yerine özellikle görmeye uygulanabilecek temel düşüncelerini toparlamaya çabaladım.

Jackendoff un kuramının sondan bir önceki biçimini dipnotlarına[1] bırakıyorum, çünkü yazdıkları ilk okunuşta anlaşılacak gibi değil.[2] Görmeye uygulandığında, demek istediği (anladığım doğru ise), bir nesnenin “biçim belirleyicileri” yani konumu, şekli, rengi, hareketi, vb. kısa dönemli bellekte kazananhepsinialır düzeneklerinin (“seçme işlevi”)

oluşturduğu temsil ile ilgilidir (yani onun sonucudur / onunla desteklenir / ondan kaynaklanır) ve bu temsil de dikkat süreciyle “zenginleşmektedir.”

Jackendoff un yaklaşımının değeri, görsel farkındalıkla yalnızca beynin en üst katlarının uğraştığı sanısına kapılmamaz için bizi uyarıyor oluşunda. Önümüzde duran sahnenin beynimizdeki capcanlı temsilde çeşitli orta katların parmağı bulunabilir. Öteki katların bu canlılığa katkısı az olabilir ya da onun Önerdiği gibi bunların hiç bilincinde olmayabiliriz gerçekten.

Bu, bilginin yalnızca yüzey temsilinden 3B[J]ye doğru aktığı anlamına gelmez, hemen hemen kuşkusuz her iki yönde de akıyor olmalı. Yukarıdaki örnekte yüzü hayal ederken, bunun bilinçsiz 3B modelin ürettiği bilinçli bir yüzey temsili olduğunun farkındasınız. Konu geliştikçe bu iki tür temsil arasındaki ayrımın inceliklerine inmek gerekecek ama şimdiden bize açıklamaya çalıştığımız şeye ilişkin kabaca bir fikir veriyor.

Bu katların beyin kabuğunun tam olarak neresinde bulunduğu pek açık değil. Görmeyle ilgili olanlar beynin ön bölgelerinde değil de ortada bir yerlerde (alt şakak bölgesi ve bazı duvar bölgeleri gibi) bulunmalı, ancak Şekil 52’de gösterilen görme basamaklarının kesin olarak hangisine karşılık geldiği keşfedilmeyi bekliyor (Bu on altıncı bölümde enine boyuna tartışılacak).

Kendi deyişiyle: ICFarkındalığın her tarzmda bulunan biçim farklılıkları, o tarza ilişIcin orta düzeydeki yapıdan kaynaklanır, onunla desteklenir ya da onun sonucudur.Bu yapı ise kısa dönemli bellekte seçme işleviyle belirlenen ve dikkat süreciyle zenginleşen uygun bir temsil takımının bir parçasıdır. Özelolarak, dil farkındalığı sesbilimsel yapnllil sonucudur, onunla desteklenir ve ondan kaynaklam!'; müzik farkındalığı ise müziksel yüzeyden görsel farkındalık da 2lhB taslaktan.

**Yazdıklarıidaki derin anlamı değerlendirebilmek için okuyucu Jackendoffun lcitabmı okumah (Kuramımn son biçimi olan VIII. Kuram, duyguyu da ele alır),

Bazı ruhbilimcilerin konuya nasıl baktıklarını gördükten sonra, şimdi de soruna nöronları, onların bağlantılarını ve nasıl ateşlediklerini bilen bir sinirbilimci açısından bakalım bir. Bilinçle ilgili (ya da ilgisiz) nöronların

davranışlarının genel doğası nedir? Bir başka söyleyişle, bilincin “sinirsel karşılığı” nedir? Bilincin bir anlamda nöronların etkinliğini gerektirmesi akla uygun geliyor. Beyin kabuğundaki bazı nöronların özel bir tür etkinliğiyle bağıntılı olabilir. Bilinç hiç kuşkusuz kabuğun hangi bölgelerinin rol oynadığına bağlı olarak değişik biçimlerde olmalıdır. Koch ve ben temelde tek bir (ya da belki az sayıda) düzenek olduğunu varsayıyoruz. Beklentimiz, belli bir andaki bilincin, büyük bir aday nöron kitlesinin çok az bir kısmını oluşturan geçici bir nöron takımının belli bir etkinliğine karşılık oluşu. Bu durumda nöron düzeyinde şu sorularla karşı karşıyayız:

Bu nöronlar beynin neresinde?

Belli bir türden mi bu nöronlar?

Bağlantılarında bir özellik var mı, varsa ne?

Ateşlemelerinde bir özellik var mı, varsa ne?

Görsel farkındalığa ilişkin nöronları aramaya nereden başlayabiliriz? Böylesi farkındalığa karşılık gelen bir ateşleme tarzı bulunduğu yolunda bir ipuçları var mı?

Gördüğümüz gibi, ruhbilimsel kuramlarda birtakım ipuçları var. farkındalık bir biçimde dikkati gerektiriyor, öyleyse beynimizin bir görsel nesneye ötekinden fazla dikkat göstermesindeki düzeneği incelemeliyiz. farkındalık bir biçimde çok kısa dönemli belleği gerektiriyor, öyleyse nöronların böyle anıları saklarken ve kullamrkenki davranışlarını keşfetmeye çabalamalıyız. Son olarak da, belli bir anda birden çok nesneye dikkat edebiliyor gibiyiz. Bunu, farkındalığın nörona dayanan bazı kuramlarında sorunlara yol açtığından öncelikle ele alalım.

Bir nesneyi gördüğümüzde beynimizde neler olup bitiyor? Neredeyse sonsuz sayıda değişik nesneyi görebilme yeteneğimiz bulunmakta. Her biri için “büyükanne hücre” denebileeek tek bir nöron olamaz. O denli çok sayıda nesneyi her değişik uzaklıkta, harekette, renkte, doğrultuda ve konumda temsil edebilecek birleşim olasılıkları akla durgunluk verecek sayılara ulaşır. Ancak bir yüzün görünüşü gibi çok özgül ve çevresel Önemi

büyük olan nesnelere tepki gösteren bir ölçüde uzmanlaşmış nöron takımlarının varlığını dışlamamalıyız.

Belli bir anda görüş alanındaki belli bir nesne, bir nöron takımının ateşlemesiyle temsil ediliyor olmalı.* Nesnelerin değişik özellikleri (şekil, renk, hareket, vb.) birden çok değişik görme bölgesinde işlendiğinden, bir nesneyi görmek için çok sayıda değişik görme bölgesinden nöronun katkısı gerekecektir. Bu nöronların nasıl geçici bir birim olarak etkinlikte bulundukları sorusuna "bağlanma sorunu" denmektedir. Görülen bir nesne çoğu kez aynı anda işitilip, dokunulduğu ve koklandığı için bu bağlanmanın değişik duyu tarzlarında gerçekleşmesi de zorunludur.*

Algılamanın birliğim yaşayışımız, beynin, bir yoldan algılanan nesnenin değişik niteliklerine tepki göstermekte olan bütün bu nöronları, karşılıklı olarak tutarlı bir biçimde birbirlerine bağladığını önermektedir. Bir başka deyişle sizinle bir konuyu tartışmakta olan arkadaşınıza kulak verdiğinizde, karşınızdaki yüzden size doğru gelen sözcüklere tepki gösteren duyma kabuğu nöronları, yüzün hareketine, rengine tepki gösteren nöronlar, yüzün kimin olduğunu bilmekle ilgili bellekteki bağlantılar, hepsi bir arada "bağlanmış" olmalıdırlar ki o belli yüzün algısını birlikte üreten nöronlar olarak ortak biçimde adlandınlabilsinler (Bazen beyine hile ile yanlış bağlanma yaptırılabilir; vantriloğun sesinin kuklasından geldiğini sanmanızdaki gibi).

Bağlanmanın birkaç türü vardır. Kısa bir çizgiye tepki gösteren bir nöronun çizgiyi oluşturan nokta kümesini bağladığı düşünülebilir. Böyle bir nöronun girişleri ve davranışı, başlangıçta büyük bir olasılıkla, uzak atalarımızın deneyimlerinden evrimleşerek gelen genlerimiz (ve gelişim süreçleri) tarafından belirlenmiştir. Bildik nesnelerin, iyi bilinen bir alfabenin harflerinin tanınması için gereken başka bağlanma biçimleri ise sık sık yinelenerek, yani öğrenilerek kazamlabilir. Bu işlerle ilgili nöronlar sonuçta birbirleriyle kuvvetli bağlantılar oluşturuyor olmalılar.* Oldukça kalıcı bu iki bağlanma biçimi, çok sayıda nesneye (harfler, sayılar ve başka tamdık semboller gibi) birlikte tepki gösterebilen nöronlar yaratabilir, ama beyinde düşünülebilecek sonsuz sayıdaki nesneyi temsil edecek sayıda nöron yoktur. Aynı şey dil için de geçerli. Her dilde çok ama sınırlı sayıda sözcük vardır ama kurallara uygun olarak hemen hemen sonsuz sayıda

tümce kurulabilir.

*Takımın üyeleri birbirine yakın iseler (yani bir ölçüde etkileşmeleri olasıysa giriş işaretleri bir ölçüde benziyorea ve bir ölçüde benzeri yerlere uzanıyorsalar bu özel bir soruna yol açmaz. Bu durumda tek bir sİnİrsel ağın "nöronları" gibi olacaklardır. Maalesef böylesi basit nöron ağları genellikle bir anda tek bir nesneyle uğraşabiliyor.
**Ortaya koyduğum biçimiyle, bağlanmanın gerçekten bir sorun olup olmadığından kesİnlikle emİn değiliz, belki de beyin bilmediğimiz bir oyunla bunu atlatıyordur.

Asıl ilgilendiğimiz, ne erken gelişim sırasında belirlenen ne de öğrenilen üçüncü bir türden bağlanma. Bu, bir araya gelen nitelikleriyle bize oldukça yeni gelen nesneler için geçerlidir, örneğin hayvanat bahçesinde yeni bir hayvan görmek gibi. Çoğu durumda, etkinlik gösteren nöronların hepsinin kuvvetle birbirlerine bağlı olmaları beklenmez ama bağlanma çabuk oluşmalıdır. Doğası gereği bu üçüncü tür büyük ölçüde geçici olup, görsel nitelikleri neredeyse sonsuz sayıda değişik olası birleşimlerde bağlayabilmelidir; bunu aym anda yalnız birkaç birleşim için yapabilse de. Belli bir uyan sık sık yinelenirse bu üçüncü türden geçici bağlanma giderek ikinci türden, öğrenilen bağlanma türüne dönüşür.

Maalesef henüz beynin bu üçüncü tür bağlanmayı nasıl ortaya koyduğunu bilemiyoruz. Özellikle karanlıkta kalan nokta, odaklanmış bir farkındalıkta belli bir anda yalnızca tek bir nesnenin mi bilincinde oluyoruz, yoksa beynimiz aynı anda birden fazla nesneyle uğraşabiliyor mu. Hiç kuşkusuz bir anda birden fazla nesnenin farkında oluyor gibiyiz ama bu bir yamlsama olamaz mı? Beyin aslında birkaç nesneyle birbiri peşi sıra çabuk çabuk uğraşıp onlarla aynı anda ilgileniyormuş gibi gösterebilir. Belki de bir anda yalnızca tek bir nesneye dikkat edebiliyor, ama dikkatimiz yönelttiğimiz birkaçını kısa bir süre için “anımsayabiliyoruz”dur. Kesin bilemediğimiz için bu olasılıkların hepsini göz önünde tutmalıyız. Önce beynin bir anda tek bir nesneyle uğraştığını varsayalım.

*Beyin kabuğundaki nöronların binlerce bağlantıları olduğunu ve başlangıçta bunların çoğunun zayıf olabildiklerini anımsayınız. Bundan, beyin bağlantıları kabaca uygun biçimde ise birşeyi öğrenmenin kolay olacağı sonucu çıkarılabilir.

Bağlanma nasıl bir nöron etkinliği sonucudur? Tabii, bilincin sinirsel karşılığı belki de yalnız tek bir nöron türü gerektiriyordur; örneğin belli bir kabuk tabakasındaki bir tür piramit hücresini. En basit açıklama şu olabilir: Bu özel nöron takımının hücreleri yüksek bir sıklıkta (örneğin 400 ile 500 Hz arasında) ateşlediğinde, ya da ateşleme yeterince uzun bir süre sürdürüldüğünde farkındalık oluşmaktadır. Böylece "bağlanma" olayı birtakım belirgin kabuk bölgelerinde aynı anda hızlı (ya da uzun bir süre) ateşleyen göreceli olarak az sayıda nöronlara dayanır. Bundan iki sonuç çıkabilir: Ateşlemenin sıklaşması ya da süresinin uzunluğu, bu etkin nöron takımının uzandığı nöronların, yani o anda farkında olunan nesnenin belirtisine ya da "anlam"ma karşıhk olan nöronların, üzerindeki etkiyi artıracaktır. Buna ek olarak bu sık (ya da sürekli) ateşleme bir biçimde kısa dönemli belleği de etkin duruma getirebilir.

Beynin tam olarak aynı anda birden çok nesnenin farkında olması gerekiyorsa bu basit açıklama geçersiz olacaktır; üstelik tek bir nesne durumunda bile beynin şekil ve zemini ayırt etmesi gerekebilir. Bunu kavramak için görüş alanmın ortasında bir yerde yalnızca kımızı bir daire ve mavi bir kare bulunduğunu düşünün. farkındalığa karşılık düşen bazı nöronlar hızlı (ya da uzunca bir süre) ateşleyecektir; bunların bazısı "kırmızı," bazısı "mavi," bazısı "daire," ve ötekileri "kare" işareti verecektir. Beyin hangi rengi hangi şekil ile ilişkilendireceğini nasıl biliyor? Bir başka deyişle farkındalık yalnızca hızlı (ya da uzun süre) ateşlemeye karşılık ise, beyin değişik nesnelerin niteliklerini kolayca karıştırabilir.

Bu zorluğu atlatmanın birkaç yolu var. Nesne canlı farkındalığa ancak beyin ona "dikkat" ediyorsa girebilir. Belki de dikkat düzeneği nesnelerden birine karşılık düşen nöronların ateşlemesini kuvvetlendiriyor, öteki nesnelere karşılık düşen nöronlarmkini zayıflatıyordun Bu doğruysa beyin bir nesnenin ardından ötekiyle ilgilenebilir, dikkat düzeneği bir nesneden ötekine atladıkça. Zaten gözlerimizi oynattığımızda olan bu. Görüş alanının önce bir yerine sonra başka bir yerine dikkatimizi yöneltiyoruz. Dikkat düzeneğimiz bundan daha hızlı çalışmalı ve göz hareketlerinin arasında ve hareketsiz durduğunda da işleyebilmelidir, çünkü gözümüzü oynatmadan bile birkaç nesneyi görebiliyoruz.

Bir başka olasılık da dikkat mekanizmasının nöronları her nasılsa bir ölçüde değişik biçimlerde ateşletmesidir. Buradaki anahtar düşünce ilintili ateşlemedir,* Önemli olanın yalnızca nöronun ortalama ateşleme sıklığı değil de, her bir nöronun ateşlediği an oluşu düşüncesine dayanır bu. Basite indirgeyerek yalnızca iki nesne bulunduğunu düşünelim. Birinci nesnenin nitelikleriyle ilgili nöronların hepsi aynı anda belli bir düzende ateşleyeceklerdir. İkinci nesneye ilişkin nöronlar da hep birlikte ama ilk takımdan farklı anlarda ateşleyecekler.

Temsili bir örnekle bunu açıklığa kavuşturabilir. Birinci takımın nöronları çok hızlı ateşliyor olsunlar. Diyelim ki bu takım 100 milisaniye sonra yeniden ateşliyor, ondan 100 milisaniye sonra yine, böyle sürüp gidiyor. İkinci takımın da yaklaşık her 100 milisaniyede bir hızlı darbeler ürettiğini varsayalım, ama birinci takım, suskun iken. Beynin öteki bölgeleri birinci takım ile ikinci takımdaki nöronları karıştırmayacaklar, çünkü hiçbir zaman aynı anda iki takım ateşlememektedir** (Şekil 57'ye bakınız).

Buradaki temel düşünce bir nörona aynı anda gelen darbelerin, aynı sayıda ama farklı zamanlarda erişen darbelere göre daha büyük bir etki yapacağıdır.* Burada kuramsal olarak gereken, her takımda nöronların ateşlemesinin birbirleriyle yakın ilişkide olması ve de farklı takımlardaki nöron ateşlemelerinin ise ilişkilerinin zayıf olmasıdır.**

*Bu Ckristoph von der Malsburg'un 1981 tarihli anlaşılmaz makalesinde öneriliyor, ama Pefcer Milner ve başkaları ondan önce bn terimi kullanmışlardır.

**Tabii birtakımdaki akson darbelerinin kesinlikle eşzamanlı olması gerekmez, çünkü darbeleri alan bir nöron, elektriksel gerilim değişimleri dendritlerinden hücre gövdesinden aşağı yol alırken bunların etkisini bir ölçüde yaymış olur. Ayrıca darbeler değişik aksonlar boyunca ilerlerken farklı ölçülerde gecikirler. Bundan dolayı birtakımdaki ateşleme anı birkaç milisaniye farklı da olsa eşzamanlı sayılır.



Şekil 57. Kısa düşey çizgilerin her biri o anda ateşleyen bir nöronu temsil etmektedir. En üstteki yatay eksen "kırmızı" işareti veren nöronun ateşlemesini gösteriyor. Onun altındaki ise "daire"ye işaret edeni, vb. Beyin dairenin mavi değil de kırmızı olduğunu çıkarabiliyor, çünkü kırmızı nöron daire nöronuyla aynı zamanlarda ateşliyor, oysa mavi nöron tamamıyla değişik anlarda ateşliyor. Bunu "kırmızı" ve "daire" nöronlarının ateşlemelerinin *ilintili* oluşuyla belirtebiliriz ("mavi" ve "daire" nöronları için de böyle), oysa "kırmızı" ve "daire" arasındaki çapraz-ilinti sıfırdır (Örnek öğretici olsun diye aşırı basitleştirilmiştir).

*Biraz daha incelikli bir kuram akson iletimindeki kaçınılmaz gecikmeleri öyle düzenleyebilir ki hücre gövdesinden uzaktaki sinapslara giriş işaretleri yakındaki sınapslardan daha önce varır. O zaman dendrit gecikmesindeki küçük farklar sonucu iki işaretin de hücre gövdesindeki etkilerinin tepe değeri aym anda gerçekleşir. Daha da incelikli kuramlar yerel bastırıcı nöronların bastırıcı etkisinin de zamanlamasını hesaba katacaktır. Bu niteliksel kaygılar bilgisayarda bir nöronun bu koşullarda nasıl davrandığı, gecikme zamanları vb. hesaba katılarak dikkatle taklit edilmesiyle niceliksel değerlere dönüştürülebilir.,

**Bu ateşlemenin Şekil 57'deki kadar düzgün olması beklenmez.

* * *

Şimdi ana soruna geri dönelim. "Farkındalık" nöronlarının yerini belirlemeye ve ateşlemelerinin gördüğümüz şeyleri nasıl temsil ettiğini

bulmaya çalışıyoruz. Bu esrarlı bir cinayet olayını çözmeye çalışmak gibi. Kurbana (farkındalığın doğası) ilişkin birşeyler biliyoruz, cinayetle ilgisi olabilecek bölük pörçük birtakım deliller de elimizde. Hangi yaklaşım daha umut verici acaba; hangi yolu izlesek?

İpucu takımları içinde en doğrusu zanlının suçüstü yakalanırken bıraktığı izler olmalı. Davranışları ilgilenilen görsel algıyla her zaman ilintili olan nöronlar bulabilir miyiz? Bunu yapmanın bir yolu göze gelen görsel bilginin aynı kaldığı ama algının değiştiği durumlar tasarlamak (Üçüncü bölümde anlatılan Necker küpü gibi). Algı değişince hangi nöronlar ateşlemelerini, ya da ateşleme tarzlarını değiştiriyor, hangileri değiştirmiyor? Belli bir nöron algının değişimini izlemiyorsa suçsuzluğu kanıtlanmış demektir. Öte yandan ateşlemesi algıyla ilintiliyse, gerçekten katil mi yoksa yalnızca suç ortağı mı olduğunu belirlememiz gerekiyor o zaman.

Peki bir başka yol deneyelim. Cinayetin belli bir kentte, belli bir mahallede, ya da binada işlendiğini belirleyebilir miyiz? Bu araştırmamızı kolaylaştırabilir. Bizim sorumuzda görmenin farkındalığı nöronlarının kabaca beynin neresinde olduğunu söyleyebilir miyiz? Beyin kabuğundan kuşkulandığımız açık, ama yakın komşuları talamus ve özçit, hatta eski görme sistemi olan üst tepecik de tamamıyla göz ardı edilmemeli; bir de çizgili cisim ve beyincik var. Görsel farkındalığın işitme kabuğu gibi bölgelerde bulunması olasılığı az olduğuna göre dikkatimizi Şekil 48'deki çok sayıdaki görmeyle ilgili kabuk bölgelerinde toplayabiliriz. Belki de bunların bazılarının ötekilerinden daha önemli rol oynadığı yolunda kanıtlar bulabiliriz.

Bu, katili enseletmese de doğru yolda ilerlememizi sağlayacaktır. Suçlunun belli bir kişiliği olabilir mi? Örneğin güçlü kuvvetli bir adam, aklım şaşırmış bir delikanlı, ya da bir çete üyesi? Bizim olayımızda ne tür nöronlar işe karışmış olabilir? Uyarıcı nöronlar? Bastırıcı nöronlar? Yıldızsı hücreler mi yoksa piramit hücreler mi? Kabuktaysalar hangi katmanda ya da katmanlarda bulunabilirler?

Bir başka yol da bir ipucu verebilecek bir haberleşme olup olmadığına bir bakmak. Bir çetenin işiyse bu, cep telefonuyla konuşmuşlar mı?

Nöronlar bağlamında, farkındalık beynin yalnızca bazı özel yerlerinde bulunan belli bir tür nöron bağlantısı mı gerektirir?

Belki de suça bir neden aranmalı. Cinayet katile ne kazandırabilir? Parasal bir kazanç sağladıysa para nereye gönderilmiş? O yeri bulup gözetlemede beklersek caniyi kıskıvrak yakalayabiliriz. Nöronlar bağlamında, görsel bilgi beynin hangi bölümlerine yollanıyor? Bu bölgeler kabuğun görsel bölgeleriyle nasıl bağlantılı?

Ya da bizi zanlıya götürecek şüpheli bir davranış olup olmadığını soruşturabiliriz. Bu, nöron kümeleri arasında ilintili bir ateşleme olabilir, ya da belki bir tür ritmi ya da düzeni olan bir ateşleme. Bir çeteden kuşkulanıyorsak, elebaşı kim olabilir, çetenin ne yapacağına karar veren kimdir? Farkııdalıkta, beynin çoğu kez hangi yorumun akla yakın olduğu konusunda karar vermesi gerektiğine inamyoruz. Bazı nöron takımlarınca uygulanan bir kazananhepsinialır düzeneği olabilir. Böyle bir mekanizmanın yerini saptarsak kazanan nöronların doğasından farkındalık nöronlarını bulabiliriz. Kullanılan silah biliniyor mu? Daha önce sözünü ettiğim gibi, çok kısa dönemli belleğin, farkındalığın temel bir unsuru olduğundan kuvvetle kuşkulanıyoruz. Bir de dikkat düzeneğinin belli bir biçiminin canlı bir farkındalık oluşturmaya yardım ettiğini biliyoruz, bundan dolayı nöron düzeyinde nasıl işlediğini öğrenmek bizi doğru yolda ilerletecektir.

Özetle, aradığımız nöronlara ve bunların davranışlarına bizi götürebilecek bir sürü deneysel yaklaşım var. Bu aşamada azıcık da olsa umut verici ise her ipucunu değerlendirmek zorundayız, çünkü önümüzde çözümü zor bir sorun var. Şimdi bu değişik yaklaşımları yakından inceleyelim.

XV. Bölüm
Bazı Deneyler

Salt mantıksal düşünmeyle ampirik dünyaya ilişkin hiçbir bilgi edinemeyiz.

Albert Einstein

Bir maymunun beynindeki belli bir nöron görüş alanındaki belli bir noktanın rengine duyarlı olabilir. Ama onun maymunun renk algılayışında doğrudan bir parmağı olduğundan nasıl emin olabiliriz? Belki de yalnızca, örneğin beynin dikkatini görüş alanının o yerine çeken sistemin bir parçasıdır. Öyleyse, asıl renk nöronlarım beyindeki bir hasar sonucu yitiren bir kişi yalnızca siyahbeyaz görüyor olabilir, ama yine de dikkati renkli noktalara çekilebilir.

Bu, soyut bir olasılıktan öte bir durum. Oxfordlu Alan Cowey ve arkadaşları beyin haşan sonucu renk algısını yitirmiş (renkli değil de siyah, beyaz ve grinin tonlarını görebilen) bir kişiyi uzun uzadıya incelediler.[1] Bu deneğin, birbirine bitişik ve aynı parlaklıkta iki küçük renkli karenin renklerinin aynı olup olmadığım söyleyebildiğini gösterdiler. Oysa denek renk görebildiğini kesinlikle inkar ediyordu. Ancak kareler birbirine bitişik değilse bunu yapamıyor ve başarısı rastlantı düzeyinden öteye geçemiyordu. Bu açıkça gösteriyor ki kişi rengin farkında olmadan, beyin renge ilişkin birtakım bilgileri edinebiliyor.

* * *

Standford Üniversitesinden William Newsome, bir maymunun ne gördüğü ile belli nöronların tepkisini karşılaştırmaya yönelik zekice tasarlanmış bir dizi deney yaptı. Seçtiği kabuk bölgesi (bazen “V5” de denen) nöronları harekete duyarlı ama renge belki çok az, o da dolaylı yoldan tepki gösteren MT bölgesi idi (on birinci bölüme bakınız). Bu bölge hasar gördüğünde maymunun görsel harekete tepki göstermesinin zorlaştığı daha önce deneylerle gösterilmişti. Ancak bu kusur birkaç hafta sonra düzeliyordu (beyin başka yolları kullanmayı öğreniyor olabilir).

Newsome ve arkadaşları daha önceki araştırmaları izleyerek önce MT’deki nöronların tek başlarına, özel olarak seçilmiş hareket işaretlerine nasıl tepki gösterdiğini incelediler.[2] Bu işaretler bir TV ekranında hızla değişen rasgele noktalardan geliyordu. Bir uç durumda noktaların hepsi aynı yönde ilerliyordu. Bu hareket kolayca görülebiliyordu. Öteki uç durumda ise hareketin ortalaması sıfırdı; herhangi bir kanala ayarlanmamış bir TV alıcısında görünen “karlanma” gibi. Gözlemciden istenen, hareketin

belirlenen yönde mi yoksa zıt yönde mi olduğunu söylemesiydi. Ortalama hareket sıfır olduğunda başarısı şansa kalıyordu.

Newsome ve arkadaşları bu pırıltı örüntülerinin çeşitli karışımlarını kullandılar. Hareketin tamamı aynı yöndeyse maymun (ya da insan) yönü doğru olarak söyleyebiliyordu her defasında. Noktaların bazıları bir yönde hareket edip öbürleri rasgele hareket ettiğinde gözlemci bazen yanlış yapıyordu. Yönlü noktaların oranı azaldıkça daha fazla yanlış yapılıyordu. Çeşitli oranları deneyerek gözlemcinin doğru bilmesi ile yönlü noktaların yüzdesi arasındaki bağıntı çizilerek gösterilebiliyordu.[5] Elektriksel etkinliğini inceledikleri her nöron için, özel bir matematiksel yöntem kullanarak, yöne ilişkin kararı en isabetle verenin o nöron olduğunu varsaydılar.

Topu topu ikiyüzelliden biraz fazla sayıda değişik nöronu incelediler. Nöronların yaklaşık üçte biri maymun kadar başarı gösterdi. Bazıları ise başarısızdı, ama diğerleri hareketin yönünü maymundan daha iyi seçebiliyordu. Peki ama beyninin MT kabuk bölgesinde işi daha iyi yapabilen nöronlara sahip olmasına karşın, maymun niye daha başarılı olamıyordu? Akla en uygun yanıt, maymunun (en ayırt edici) tek bir nöronu seçip tepkisini ona göre ayarlama olanağı bulamayışıdır. Beyni, bütün bir nöron topluluğunu kullanıyor olmalı. Bunu tam olarak nasıl yaptığı henüz anlaşılmış değil.

Deneyin bize gösterdiği şu: Seçimi yapabilmek için gereken görsel bilgi MT nöronlarının davranışında bulunmaktadır ve dolayısıyla bu nöronlar o işi göremez denemez. Maalesef bu, gerçekte yaptıklarını da kanıtlamıyor.

Newsome’m bundan sonraki deneyi bizi bir adım daha ileri götürüyor.[3] Arkadaşlarıyla birlikte şu soruyu sordu: Uygun MT nöronlarım zor bir seçme işiyle uğraşırken ateşlemelerine yardımcı olmak için uyarsak, maymunun davranışı daha iyileşebilir mi?

Teknik olarak yalnızca tek bir nöronu uyarmak kolay iş değil. Neyse ki MT kabuk bölgesinde (görüş alanının belli bir yerinde belli bir yöndeki harekete) benzeri biçimlerde tepki gösteren nöronlar bir arada, kümelenmiş olarak bulunmaktalar. îyi bir olasılıkla, incelenen nöronun yakınındaki

kabuk parçasına elektriksel uyarı vererek bir ölçüde benzer nöronlar bir arada uyarılacaktır.

Toplam altmış iki deney yaptılar. Bunların yaklaşık yarısında uyarı akımı maymunun hareket ayırt edişini belirgin olarak artırdı. Bu gerçekten çarpıcı bir sonuç. Bu demektir ki maymunun belli bir görsel dürtüye tepkisini görme kabuğunun uygun yerindeki nöronları uyararak geliştirebiliriz. Tam o belli yerde olmalı, çünkü uyarı akımı MT kabuk bölgesinini başka yerlerine uygulandığında, maymunun o işteki becerisi üzerindeki etkisi ya çok azdı ya da hiç yoktu.

Buradan MT'deki küçük bir alanın, o tür bir hareketi görmenin sinirsel karşılığını bulundurduğu söylenebilir mi? Altla uygun olmakla birlikte, kesin olarak bu sonucu çıkarmada birtakım zorluklar var.

Olası itirazlardan biri maymunun uygun davranış göstermesine karşın aslında bir şey görmüyor olabileceği. Bir otomat gibi, görsel farkındalığı olmadan tepki gösteriyor olabilir. Bu itirazı kesin olarak yanıtlamanın tek yolu hem maymunların hem de insanların görme sistemini tam olarak anlamaktan geçiyor. O halde şimdilik, tanıtlar aksini gösterene dek maymunun da görsel farkındahğı olduğunu varsaymak zorundayız.

Maymunun genel olarak görsel farkındalığı vardır ama bu iş özelinde yoktur da denebilir. Ama bunun olasılığı düşük, çünkü bu işte maymunun ve insanın yaptığı seçimler çok benziyor yani ruhbilimsel eğrileri hemen hemen aynı. Maymunun insana göre başarısız kaldığı bir durum değil bu. Bundan dolayı beyinlerinin aynı biçimde işliyor olması akla yatkın, ancak başka zorluklar da var.

İnsan böyle bir işi sürekli yapsa davranışı giderek otomatikleşir. Hareketi neredeyse görmese ya da gözünün ucuyla görmüş olsa bile seçimlerindeki başarı rastlantısal ortalamanın çok üstüne çıkar. Maymunu alıştırmak daha zordur, çünkü işi nasıl yapacağını ona konuşarak anlatamazsınız, Newsome'm maymunları herhalde alışkanlık kazanmış olmalılar ve bu nedenle davranışları bir ölçüde otomatikleşmiş olabilir, görsel farkındalığın bir katkısına gerek kalmaksızın.

Şahsen bunun gerçekten ciddi bir itiraz olduğundan kuşkuluyum, çünkü görünüp kaybolan noktaların çoğu aynı yönde gidiyorsa hareketi açıkça görüyoruz, maymunun da gördüğünden neredeyse eminiz. Maalesef bu durumda uyarı akımı pek fark ettirmiyor, çünkü başarı zaten mükemmele yakın. Maymuna başka bir hareketli dürtü, örneğin yönlü bir çubuk kullanarak hareket yönünü ayırt etmeyi öğretmek ve fazla alışmadan hareketli nokta testini uygulamak mümkün olabilir. Birçok hata kaynağı olabileceğinden böyle bir deney kolay değil, ama denemeye değer.

Daha ciddi bir itiraz şöyle: MT kabuk bölgesindeki nöronların davranışı maymunun ayırt etmesiyle ve bundan dolayı görsel farkındalığıyla bağıntılı gibi görünse de bundan oradaki nöronların farkındalığın merkezi olduğu sonucu çıkmaz. Onlar ateşlemeleriyle görme merdivenin belki bir başka basamağındaki, farkındalığın asıl karşılığı olan başka nöronları etkiliyor olabilirler.

Bunlara verilebilecek tek yanıt öteki kabuk bölgelerini incelemektir. Başka yerlerde benzeri ayırt etme gücü olan nöronlar bulamazsak MT nöronlarının eli kuvvetlenecektir. Görme bölgelerinin tümünü ve özellikle birbirleriyle nasıl etkileştiklerini ileride çok daha iyi anlayamazsak görsel farkındalığın yerini saptamak bir düşten öteye geçemeyecektir. Yine de Newsome'ın deneyleri bu yönde çok önemli bir ilk adım sayılır.

Bir nöroiı görüş alanındaki bir dürtüye karşılık ateşlerse, doğal olarak onun o dürtüyü algılayışımızın sinirsel karşılığı olmasından kuşkulanırız; ancak biraz önce açıkladığım gibi kendiliğinden bu sonuca ulaşılamaz. Peki farkındahk nöronlarını aradığımız bölgeyi daraltmak için daha etkin yöntemler var mı? Görsel girişin değişmeyip algının değiştiği durumlar bulunabilir mi? O zaman maymunun beyninde hangi nöronların girişi izleyip, daha da iyisi hangilerinin değişen algıyı izlediklerini bulmaya çalışabiliriz

En belirgin örneklerden biri Necker kübüdür (Şekil 4'e bakınız). Burada şekil değişmeden duruyor, ama biz onu 3B olarak bir öyle bir böyle görüyoruz. Şu anda 3B bir kübün algısını beynin neresinde arayacağımız pek belli değil. Maymunun görme sisteminde yerini belirlemesi daha kolay bir şeyi incelemeliyiz.

Olasılıklardan çok çekici olan biri “gözlerin yarışması” olarak bilinen olguya dayamyor. Bu, gözlere görüş alanının aynı yerine ilişkin farklı görsel işaretler geldiğinde olur. Kafanın sol tarafındaki erken görme sistemi her iki gözden de girdi alır, ama görüş alanının bakış noktasının yalnızca sağında kalan yansım görür (Kafanın sağ tarafı da öbür yarıyı). İki girdiyi birbiri üzerine binmiş olarak değil de dönüşümlü olarak bir birini bir ötekini görüyorsanız bu çelişkili girdilere “yanşkan” denir.

Gözlerin yarışmasına çok çarpıcı bir örnek, San Fransisco’daki Araştırmalar Evi’nde Sally Duensing ve Bob Miller tarafından hazırlanmıştır.[4] Araştırmalar Evi’ndeki gösteride gözlemciden kafasını oynatmadan tutması ve bakışlarım sabitleştirmesi istenir. Gözlerinden biri karşısındaki birinin yüzüne bakarken öteki gözü uygun yerleştirilmiş bir ayna yoluyla yan taraftaki boş beyaz bir perdeye bakmaktadır (Bkz. Şekil 58). Gözlemci perdenin, görüş alanında yüzün bulunduğu yere karşılık gelen yerinde elini salladığında yüzü siler! Elin hareketi görsel olarak çok belirgin olduğundan bir anlamda beynin dikkatini üzerine çekmektedir. Dikkat olmayınca da hareketsiz duran yüz görülememektedir. Gözlemci gözlerini oynatınca yüz geri gelir.

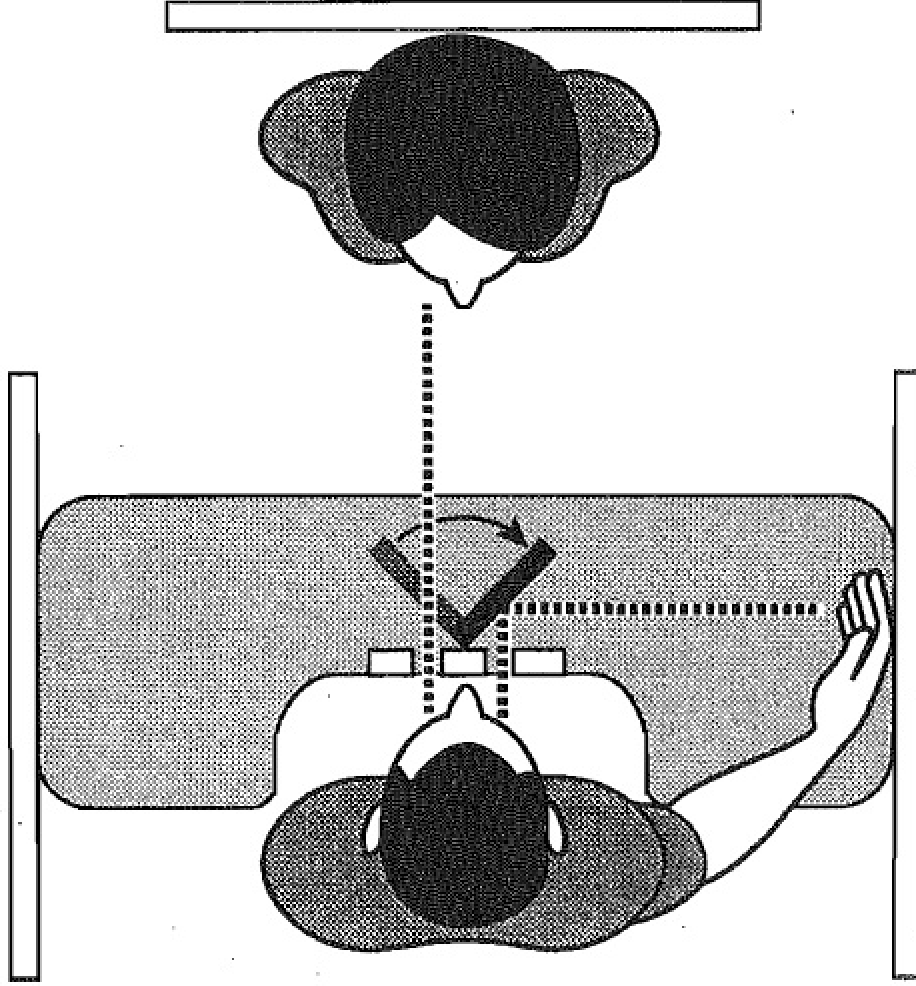
Bazen yüzün yalnızca bir parçası silinir (Şekil 59). Örneğin bazen bir göz ya da her iki göz kalır. Gözlemci kişinin ağzındaki gülümsemeye bakıyorsa yüz silinip geride gülümseme kalabilir. Bu nedenle bu olaya Alice Harikalar Diyarında? daki kediye gönderme yapılarak “Cheshire Kedisi olayı” denmiştir. Basit bir cep aynası kullanarak siz kendiniz de deneyebilirsiniz. Sonuç gerçekten etkileyici. Deney en iyi sonucu hem bakılan kişinin hem de gözlemcinin elinin arkasında düzgün beyaz bir zemin olduğunda verir.

Bu henüz maymunlar üzerinde denenmiş değil ama çok daha basit bir deney Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nde gerçekleştirildi. Nikos Logothetis ve Jeffrey Schall, bir makak maymununa yatay bir ızgaranın yukarı ya da aşağı hareketini gördüğünde bir işaret vermesini öğrettiler,[5] Yarışmayı oluşturmak için maymunun gözlerinden birine ızgaranın yukarı hareketi, öteki gözüne ise aşağı hareketi düşürüldü, öyle ki iki görüntü maymunun görüş alanında üst üste biniyordu. Maymun, tıpkı bizim gibi, yukarı ve aşağı hareketleri dönüşümlü olarak gördüğüne işaret etmekteydi.

Gözlerine gelen hareket dürtüsü hep aynı kaldığı halde maymunun algısının yaklaşık saniyede bir değiştiğine dikkatinizi çekerim.*

MT kabuk bölgesi en başta hareketle ilgilenen ama renge büyük ölçüde duyarsız bir bölgedir. MT'deki nöronlar maymunun algısının bir yukarı bir aşağı olduğu sürelerde ne yapmaktalar? Bu sorunun yanıtı şöyle: Nöronların bazılarının ateşlemesi algıyla bağıntılı, ama ötekilerinin ortalama ateşleme sıklığı pek değişmiyor ve maymunun o anda gördüğü hareket yönünden de bağımsız (Deneysel verilerin aslı bu basit anlatımın yanında oldukça karışıktır),

*Değişmeler arasındaki zaman aralıkları gamma dağılımına uyar.



Şekil 58. Araştırmalar Evi'nin ziyaretçileri tarafından kullanılan Cheshire Kedisi gösterisinin planı. Aynanın iki taraflı olması gözlemcinin silme alanı olarak istediği gözü kullanmasını sağlar. Bu düzenlemede gözlemci silme için kendi elini kullanabilmektedir.

Bu sonuç, görme kabuğunda belli anda ateşlemede bulunan nöronların hepsinin birden görsel algımızın karşılığı olması olasılığım ortadan kaldırıyor; ancak bunun gibi birkaç örnek daha bulsak iyi olurdu. Maalesef görsel farkındalık nöronlarının yerini belirlemiş de olmuyoruz. Netvsome'ın sonuçlan için de açıkladığımız gibi asıl karşılık, MT'dekilerden en azından bir ölçüde etkilenen ve görme merdiveninin başka basamaklarında bulunan nöronların ateşlemesi olabilir. Ramachandran bu yarışmanın gerçek hareket yarışması olmayıp aslında biçim yarışması olduğunu ve bunun yerininin de görme merdiveninin alt

basamaklarında, belki VI ya da V2 kabuk bölgesinde olabileceğini önerdi.[6] Yineleyeyim: farkındalık nöronlarının bazısı gerçekten MTde bulunsa bile, elimizdeki sonuçlar bunların tam olarak hangi nöronlar olduğunu göstermiyor. Hangi kabuk bölgesinde olabilirler? Görsel girdiyi değil de algıyı izleyen nöronlar hangi türdendir? Ayrıca Newsome'm sonuçları için söylediğim, maymunun alışmasına ilişkin kaygı burada da geçerli ama bu o kadar olası değil, çünkü yarışma olayı eğitimle çok az değişiklik gösteriyor. Ancak yine söyleyeyim bütün çekinceler bir yana, bunlar çok önemli deneylerdir. Bu deneylerin yolundan gidilirse görsel farkındalığın nöronlar bağlamında açıklanmasına yaklaşmış olacağız.

Görsel girdinin değişmeyip algının herhangi bir nedenle değiştiği başka durumlar var mıdır? Tabii gözlemcinin, beynin daha önce belirlemediği bir nesneyi aniden "görüverdiği" durumlar var, Şekil 9'daki resimde gizli duran Dalmaçya köpeği gibi; ama bunu bir maymunda incelemek kolay olmayacaktır. însan "işe bak, şimdi bir köpek görüyorum, ama biraz önce göremiyordum" diyebilir. Maymunun bunu size anlatması daha zor olacaktır. Üstelik bir kez görüldükten sonraki deneylerde köpek hemen tanınacak ve bilimsel olarak güvenilir bir sonuç elde etmek için aynı deneyi birkaç kez yinelemek zor olacaktır.

Ağtabakada kararlı duruma geldiği için farkındalığı silinen görüntülerin beyinde oluşturduğu etkiyi incelemek bir yol olabilir (Gözün normal olarak bu silinmeyi önlemek için ufak ufak kıpırdadığını anımsayın). Ağtabakada kararlılık, ilk önceleri göz küresinin üzerine takılan ve ağtabakaya önceden seçilmiş ışık örüntüleri düşüren küçük ve oldukça rahatsız bir aygıtla sağlanıyordu. Göz oynayınca örüntü gözün bu hareketine karşın ağtabakanm aynı yerinde kalıyor ve böylece siliniyordu.. Ellilerde böyle bir çok deney yapıldı ama o zamandan beri, kararlı görüntüler oluşturmak için çok daha karmaşık (ve daha rahat) bir aygıt elimizde bulunduğu halde çok az sayıda deneyle karşılaşıyoruz.[7]



Şekil 59. Gözlemci Şekil 58'de gösterilen aygıtta oturur ve gözlerini karşıya diker. Sağ elini sallayıp elin aynadaki görüntüsü karşıdakinin yüzün bir parçası üzerine geldiğinde, yüzün o parçası yok olur. Gözünü oynatınca yüz yeniden görünür (Ayna sağ eli sol el gibi gösteriyor).

Silinme işleminin daha çok ağtabakada yer aldığı ve bizi ilgilendirmeyeceği düşünülebilir ama bu pek olası değil. Sözünü ettiğim eskiden yapılmış çalışmalar karmaşık bir örüntünün her zaman bir bütün olarak silinmediğini göstermişti.[8] Düz bir çizgi bir olarak davranma eğilimindedir, ama bir kare ya da üçgenin kenarlarım oluşturan çizgiler birbirinden bağımsız olarak siliniyor. Kesikli çizgiler, eğrilerden daha az kararlı. Geştaltça ruhbilimcilerin iyi olarak nitelendirdikleri bir şekil kötü bir şekle göre daha bir bütün olarak gidiyor. Örüntü, üzerine bir çarpı işareti çizilmiş büyük harf B ise, çarpı, B’den önce silinmekte. Bu örnekler

silinmenin gözde değil beyinde olduğunu öneriyor. Gördüğü bir şeye işaret etmek üzere eğitilmiş uyanık bir makak maymunu üzerinde bunları denemek yararlı olabilir. Maymunun ağtabakası üzerinde çeşitli örüntüler kararlı duruma getirilerek görüntünün o parçası farkındalıktan silindiğinde hangi nöronların etkilendiği gözlenmeye çalışılabilir.

Bir başka yol Ramachandran tarafından gerçekleştirilmiş ve Şekil 19’da gösterilen çarpıcı deneyi araştırmak olabilir. Bu deneyde, VI kabuk bölgesinde hasara uğramış küçük bir bölgeye (buna “kör leke” denir) değen durağan ve kayık iki koşut çizginin algısal hareketi söz konusuydu. Bu, eğitilmiş bir maymun üzerinde denenebilir. Maymun hareketli ya da durağan, aynı çizgide ya da kaymış, kesikli ya da sürekli çizgileri ayırt edip işaret edebilmelidir. Bildiğim kadarıyla henüz kimse buna kalkışmış değil.

Daha basit bir deney bir maymunun kör noktası üzerinde yapılmıştı bir süre önce (Kör noktamızın ruhbilimsel tanımı için üçüncü bölüme bakınız). Birinci görme bölgesinde kör noktaya karşılık gelen yerde kabuk yalmzca bir gözden doğrudan girdi almaktadır, çünkü öteki gözde görüş alanının o bölgesini kapsayacak ışık duyargaları yoktur (Anımsayın: Kafanın bir tarafındaki Vl’in büyük bir bölümüne her iki gözden de girdiler gelir, ama o görüş alanının yalmzca öteki karşı yanal yarısı ile ilgilenir). Kör nokta bölgesindeki nöronların yalnızca bir gözden gelen işaretlere tepki göstereceği düşünülebilirdi. Şaşırtıcı gelebilir ama öyle değil. Rio de Janeiro Federal Üniversitesi’nden Rieardo Gattass ve arkadaşlan makak maymununda bunların bazılannm her iki gözden gelen işaretlere tepkide bulunduğunu gösterdiler.[9] Yerel olarak “kör” göze ilişkin bu beklenmedik girdi, bir olasılıkla doğrudan ya da dolaylı olarak her iki gözden de girdi alan komşu kabuk bölgesinden çıkmaktadır. Nereden gelirse gelsin, gösterildi ki VTin kör nokta bölgesindeki nöronlar üçüncü bölümde tanımlanan türden işaretlere ateşleyip tepki göstererek boşluğu doldurmaktalar. Böylece bu arada Dennett’in (dördüncü bölümde kabaca anlatılan) savım da kesinkes çöpe gönderiyorlar. Şu genel ilkenin güzel bir örneği bu: Bir görsel sahnenin belli bir yanını canlı olarak görüyorsanız, etkinlikleriyle o özelliği açıkça simgeleyen nöronlar ateşliyor olmalı (Bu ilkeni"n bir başka örneği de on birinci bölümde tanımlanan öznel sınır çizgilerine nöronların tepkisidir).

Bu özel kör nokta olgusu, nöronların görsel bir işarete ateşlemeleri gibi sıradan bir örnekten biraz daha fazla şey söylemiş oluyor farkındalık nöronlarının yerine ilişkin. Daha önce önerildiği üzere bu, algının (Şekil 19'daki gibi) değişmeyen bir görsel girdiye karşın değiştiği durumlara uygulanırsa araştırmamızda bize çok yararlı olacaktır.

Bir başka yaklaşım, birtakım farklı görsel girdilerin aynı, ya da en azından bazı unsurları aynı olan bir algı oluşturduğu durumları incelemektir. Bunun bir örneği Saik Enstitütüsükıden Tom Albright ve çalışma arkadaşlarının makakın MT kabuk bölgesinde yaptıkları deneylerdir (on birinci bölüme bakınız). İncelenen hareketli nesneler oldukça farklı olsalar bile bazı MT nöronları harekete aynı tepkiyi gösteriyorlardı. Örneğin görüş alanında hareket eden bir dalgalanma, MT nöronlarında, aynı yerde ve aynı yönde hareket eden bir çubuğunkine benzer bir tepki uyandırıyordu. Örüntüler değişik olmakla birlikte hareket hemen hemen aynıydı (Buna "şekilipueu değişmezi" diyorlar). ,

Şimdiye dek böyle nöronların türü, yeri ya da ateşleme biçiminde bir özellik bulamadılar. Bunlar farkındalık nöronlarıysa, gelen işaret ne olursa olsun, ateşlemelerinin (ya da ona bağlı bir özelliğinin) görsel algıyla her zaman bağıntılı olacağını umuyoruz.

Elimizdeki bulgular öyle zayıf ki şunu sormak gerekiyor: Aynı nöron hayvan uyanıkken, sonra da bilinçsizken incelenebilir mi? Teknik nedenlerle hayvan bir uyuşturucu ile bilinçsiz kılındıktan sonra bunu yapmak zor, ama bir kedi üzerinde bu deney uyanıkken ve yavaş dalgalı uykudayken karşılaştırılarak yapılmış.[6]

Sinirbilimei Margaret Livingstone ve David Hubel 1981'de böyle bir deneyi bildirdiler.[10] İnceledikleri nöronların çoğu VI kabuk bölgesindeydi.[7] Karşısındaki bilgisayar ekranında oluşturulan görsel işaretlere Vl'deki nöronlar yavaş dalgalı uykuda da tepki gösterebilsin diye hayvanın gözleri açık tutuluyordu. Belli bir nöronun tepkisini kaydettikten sonra hayvanı uyandırıp, daha önceki gördüğü dürtünün aynısına gösterdiği tepkiye bakıyorlardı.

Hayvan uyandığında inceledikleri her nöron, kabaca uykudaykenkinin aynı bir tepki gösteriyordu, yani görüş alanında belli bir konumda belli bir

yönde çizgiyi tercih ediyorsa, bu tercih uyanıkken de uykudayken de aynıydı; yalnızca işaretin gürültüye oram uyanıkken daha iyiydi.[8] Ancak uyanık durumda çok sayıda nöron, uykudaykenkiyle karşılaştırıldığında daha sık ateşliyordu. Bu pek şaşırtmamalı, ama ilginç olan sonuç, kabuğun alt katmanlarının tepkisinin (beşinci ve altıncı) yukarı katmanlara göre daha çarpıcı bir biçimde değişiyor olmasıydı.

Bu genel sonucu, görsel dürtünün bu katmanların her birinde oluşturduğu ortalama etkinliği (yaklaşık yarım saatlik bir sürede) gösteren bir kimyasal madde (radyoaktif 2deoksiglükoz) kullanarak doğruladılar. Bir uyamk durumda, bir uykudayken (başka radyoaktif izotop kullanarak) olmak üzere iki ölçme yaptılar ve bunları karşılaştırdılar. Sonuç kabaca aynıydı. Hayvan bilinçliyken etkinlik alt kabuk katmanlarında belirgin olarak daha fazlaydı, oysa yukarı katmanlarda çok az değişiklik oluyordu.

Bu, eldeki tanıtların ötesinde bir genelleme yapmak isteği uyandırıyor: Yukarı kabuk katmanlarındaki etkinliğin büyük ölçüde bilinçsiz olduğu ve bu arada aşağı katmanlardakilerden en azından bazılarının bilincin karşılığı olduğu yolunda. İtiraf etmeliyim ki bu varsayımı mantıksız bir biçimde çok tutuyorum gerçekten doğru olsaydı ne güzel olur duama bunu bütün kalbimle kucaklamayı kendime yediremiyorum. Aşağı katmanların yavaş dalgalı uykuda daha az etkin olmalarının başka nedenleri olabilir.

Dikkat düzeneğini inceleyerek farkındalığa ilişkin bir şey öğrenebilir miyiz? Dikkatin sinirsel temeli üzerinde deneysel çalışmalar yapılmakta bir süredir. Bunların bazısı uyanık maymunlar üzerinde, hayvan belli görsel işler yaparken beyninin çeşitli bölgelerindeki nöronların ateşlemesini kaydederek yapılmakta. Bir de sekizinci bölümde değinildiği gibi insanlarda PET taraması yapılıyor. Bu deneylerin hepsini saymaya yeltenmek yerine yalnızca bir tanesini kısaca anlatıp ne tür sonuçlar verdiğini aktaracağım.

Maryland eyaletinin Bethesda kentindeki Ulusal Akıl Sağlığı Ensitütüsü'nden Robert Desimone ve arkadaşları bir maymuna, ekranın yan tarafındaki bir noktaya bakışını dikip (gözlerini kımıldatmadan) görüntünün şu ya da bu özelliğine dikkat etmesini öğrettiler.[11,12] Ekranda çeşitli işaretler hızla belirip kaybolurken deneyci o konumdaki görüntüye karşılık

belli bir V4 kabuk bölgesi nöronunun ateşlemesini inceliyor. V4'teki nöronlar renkle ilgilenirler. Diyelim ki incelenen nöron (belli bir doğrultudaki) kırmızı bir çubuğa tepki gösteriyor, ama yeşile göstermiyor (Tabii V4'teki o anda incelenmeyen başka nöronlar da kırmızı değil de yeşil çubuğa tepki gösterecektir). Ekranda her defasında biri kırmızı (o nöron için etkin dürtü) öbürü yeşil (etkin olmayan dürtü) ve her ikisi de nöronun alış alanının içinde olmak üzere renkli iki çubuk görünmektedir. Mayînün kırmızı çubuğun bulunduğu yere dikkat ettiğinde, nöron ya aynı ya da daha iyi ateşliyordu dikkat etmezkenkine göre.* Oysa yeşil çubuğa dikkat ettiği denemelerde kırmızıya duyarlı nöron daha az ateşliyordu. O halde dikkat yalnızca ruhbilimsel bir kavram değildir. Maymunun dikkati, dikkat edilen dürtüye duyarlı nöronları daha fazla ateşletiyor ve dikkat başka yerdeyse ateşleme azalıyordu, her iki durumda da gözlerin yönü ve gelen görsel verinin tıpatıp aynı olmasına karşın.

Sonuçlan şöyle aktarıyorlar:

V4 bölgesindeki nöronların alış alanı çok sayıda dürtüyü aynı anda içinde bulunduracak kadar geniş. Bu hücrelerin, alış alanları içindeki dürtülerin hepsinin niteliklerini yansıtacak biçimde tepki göstermeleri beklenebilir. Oysa maymun dikkatini V4 hücresinin alış alanı içinde belli bir yer ile sınırladığında, hücrenin tepkisi dikkat edilen noktadaki dürtü tarafından belirlenmektedir, sanki alış alanı yalnızca dikkat edilen dürtüyü çevreleyecek biçimde "küçülmüş" gibidir. [Vurguları ben ekledim FC]

Daha ayrıntılı sonuçları anlatmaya girişmeyeceğim çünkü izlenmeleri pek kolay değil. Bu sonuçlar dikkati projektöre benzeten basit bir kuramın büyük bir olasılıkla doğru olamayacağını gösteriyor. Bunu açıklamak için gereken daha karmaşık bir düzenek ise henüz ortaya konmuş değil.

Talamus dikkat olayıyla ilgili midir? “Beyin kabuğuna giriş kapısı” denen talamus'un bazısı görmeyle ilgili olan çok sayıda belirgin bölgesi vardır. Gözlerden kabuğa giden ana yol talamusun bir parçası olan LGN'den (Lateral Geniculate Nucleus) geçer (onuncu bölümde anlatıldı). Talamusun görmeyle ilgili öteki bölgeleri (primatlarda) “yastık”** denen ve LGN'den oldukça büyük bir çekirdekte bulunur.

*îş çok kolay ise ateşleme aynı kalıyordu, Rengi ayırt etmek zorlaştmldığında ise dikkat ateşleme sıklığını artırıyordu.

**Yastığın başlıca üç parçası ve bir de küçük parçası vardır. Bunların ikisi (alt ve yan bölgeler) retinotopiktir her birinde görüş alanının bir ya da daha çok sayıda haritası bulunur. İlk görme bölgelerinin çoğuyla iki yönlü bağlantıları vardır. Bunlara ayrıca üst tepecikten de tek yönlü güçlü bağlantılar gelir. Orta yastık denilen üçüncüsünün ise retinotopik haritası yoktur ve başlıca duvar ve alın kabuk bölgeleriyle ild yönlü bağlantıları vardır. Yalnızca görmeye değil, bir ölçüde öteki duyulara da tepki gösterir ve canlı görsel farkındalıktan çok zihinsel etkinlikle ilgileniyor olabilir.

Bethesda'daki Ulusal Göz Enstitütüsü'nden David Lee Robiııson ve arkadaşları maymunun yastık bölgeleri üzerinde birçok deney yaptılar. (Retinotopik) yastık nöronlarının tepki gösterdikleri nitelikler, üst tepecikten değil de görme kabuğundan gelen girdilere bağlı gibi.*

Kimyasal yoldan yastığın küçük bir bölgesindeki bastırmayı artırmak maymunun dikkatini başka yere yöneltmesini zorlaştırıyor, bastırmayı azaltmak ise kolaylaştırıyor. Başka kişilerce yapılan deneyler yastığın ilgisiz olaylardan gelen girdileri etkisiz kıldığını gösteriyor. Talamusu hasarlı üç hasta üzerinde yapılan araştırma, bunların dikkatlerini toplamada zorluk çektiklerini önerdi. Normal insanların PET taramaları, görsel bir işte dikkat dağıtıcı unsurlar varsa yastıktaki etkinlikte bir artış olduğunu göstermiştir. Dikkat dağıtıcılar deneğin işi becerebilmek için daha çok dikkat kullanmasına yol açıyordu. Bütün bu sonuçlar talamusun bu bölgelerinin görsel dikkatin çeşitli yanlarıyla yakından ilgili olduğuna kuvvetle işaret ediyor. **[13,14]

Bunun çalışmaları sürdürmek için zengin bir alan olduğu kesin. Yastık bölgelerinin (yukarıda geçiştirdiğimiz) bağlantılarının ayrıntıları daha çok araştırılmak istiyor örneğin, retinotopik bölgelerin bağlantıları nasıl farklılıklar göstermektedir? Her bir yastık bölgesinin tam olarak dikkati nasıl etkilediğini ve ilişkili olduğu çeşitli kabuk bölgelerinin nöronlarıyla nasıl etkileştiğini kesinleştirebilir miyiz? İleride yapılacak deneyler bu soruları yanıtlayacaktır (Yastığın farklı bölgelerine ilişkin bazı spekülasyonları on yedinci bölümde tartışacağım).

Talamusu inceleyerek görsel farkındalığın sinirsel temeline ilişkin daha neler öğreneceğiz? farkındalık için dikkat önemli olduğundan onu göz ardı etmek aptallık olur. Nasıl gördüğümüzü keşfetmek için yalnızca yeni kabuğun değil aynı zamanda LGN ve yastığın da nasıl çalıştığını anlamalıyız.

*Üst tepeciğin, görsel dikkatin bir başka biçimi olan göz hareketlerinin denetimiyle yakından ilgili olduğunu anımsayın. Öte yandan yastığa tepecikten gelen girdiler daha çok görüş alanında değişik yerlerin çıkıklığıyla ilgili gibi.

**Bunu Anderson ve Van Essen de kaydırın devre kuramlarının bir parçası olarak önermişlerdir.

Bu konuda maymun değil de insan üzerinde yapılabilecek deneyler var mı? Bunun bir üstünlüğü, deneğin yaşadıklarını sözlerle anlatabilmesi olurdu; maymun bunu beceremiyor. Ahlaki nedenlerle, ancak çok ender bazı tıbbi durumlarda insanların beynine elektrotlar sokabiliyoruz. Beyin dalgalarını kafatasının dışından incelemek de bir yol, ama buradan elde edilen sonuçları yorumlamak çok daha zor.

Böylesi bir yaklaşımın öncülüğünü San Fransisko’daki Kaliforniya Üniversitesinde Benjamin Libet yapıyor. İnsanlar üzerinde çalışmayı yeğliyor, çünkü onların bilinçli olduğundan kuşkusu yok (Maymunlar için aynı ölçüde emin değil). Bilinç konusundaki deneysel çalışmaları, geçmişte yalnızca ruhbilimciler ve sinirbilimciler değil, tıp mesleği de ciddi olarak şüpheyle karşılıyordu. Cerrahlar ve anestezieilerin gösterdikleri ilgi, ameliyat sırasında hastanın olup bitenin farkında olmayacak biçimde nasıl uyuşturulacağıyla sınırlıydı hastayı acı duymaktan kurtarmak ve de ameliyatta yapılacak yanlışlıkları görüp dava açmasını önlemek için (Libet bana uyanık insanlar üzerinde bilinç deneyleri yapmaya başlamadan önce profesörlüğünü sağlama alma akıllılığını gösterdiğini söyledi).

Libet’in ana çalışması, istemli bir hareketten önceki beyin dalgalarının ve deneğin hareket etme niyeti ya da isteğine ilişkin farkındalığının oluştuğu an ile bu dalgaların ilişkisinin araştırılmasıydı. [9] Bulduğu sonuçlar, bu tür bilinçli farkındalık için en az aşağı yukarı yüz milisaniye kadar süren bir beyin etkinliği olması gerektiğim ortaya koyuyor. Bu süre işaretin şiddeti ve başka koşullarla değişiyor olabilir.

Daha yakın zamanlarda yaptığı öteki araştırmaları talamusun dokunma ve acı gibi duyumlarla ilgili bölgesine (karmaltı yapıya) uygulanan dürtülerin etkileri üzerineydi. Bu deneyler dayanılmaz acıyı hafifletmek için o bölgelerine elektrotlar yerleştirilmiş hastalara uygulanmaktaydı. Bu deneyleri[15] anlatacağım, çünkü görmeyle ilişkili olmasa da (on ikinci bölümde sözedilen) körgörüşün yorumlanmasıyla bir ilgisi olabilir.

Denekten, talamusuna belli bir miktarda uygulanan dürtünün ne zaman verildiğini belirlemesi istenir (gerektiğinde tahminde bulunarak). Özel olarak, belli bir ışık bir saniye kadar yanarken mi yoksa sonraki bir saniye içinde başka bir ışık varken mi? Denek seçimini önündeki iki düğıneden birine basarak belirtmektedir. Beyni dürtünün ne zaman uygulandığım bilmiyorsa denek tahmin etmek zorunda kalacak ve dolayısıyla seçimi ortalama yüzde elli doğru olacaktır. Dürtü ve seçim işi bittikten sonra başka üç düğıneden birine basarak dürtünün farkında olup olmadığını belirtmesi istenir. Çok kısa da olsa (belli yerde) bir uyarı duyduysa, birinci düğıneye basacaktır. Emin değilse, ya da belki birşey duymuş gibi ise ikinci düğıneye, hiçbir şey duymadıysa da üçüncü düğıneye basacaktır.

Libet ve arkadaşlarının yaptığı deneyler çok karmaşık olduğundan ben yalnızca genel sonuçlan anlatacağım. Dürtü saniyede 72 sıklığında elektrik darbelerinden oluşmaktaydı; farklı deneylerde aynı genlikte ama değişik sayıda darbeler verilmekteydi. Sonuçlar, darbe dizisi farkındalık derecesine ulaşacak kadar uzun süreli olmamasma karşın deneğin ortalamanın üzerinde doğruyu tutturduğunu gösterdi. Dürtünün farkında olmak (farkındalıktan tam emin olunmasa da) darbelerin çok daha uzun süre uygulanmasını gerektirmekteydi.

Libet ve arkadaşları bunu, farkındalık için darbe dizisinin en az belli bir süre uygulanması gerektiği biçiminde yorumladılar. Maalesef bu deneylerde dürtünün şiddetini değiştirmeyi denemediler, ama bu ve daha önceki çalışmalar değişmeyen süreli bir darbe dizisinin şiddeti artırıldıkça deneğin tepkisinin farkında olmamaktan olmaya doğru değiştiğini ortaya koymuştu. Kısacası, bedenduyu sisteminde zayıf ya da kısa süreli bir işaret farkındalık yaratmadan davranışı etkileyebilmekte, aynı türden ama daha şiddetli ya da uzun süreli bir işaret ise farkındalık oluşturabilmektedir. Daha şiddetli ya da

daha uzun süreli dürtülerin oluşturduğu sinirsel davranış daha tam olarak belirlenmiş değil.

Bu sonuçtan şu çıkar: Körgörüşü açıklamaya çalışırken benzeri türden bir açıklamayı göz ardı edemeyiz yani LGN'den V4 gibi bölgelere giden bağlantılar görsel farkındalık oluşturamayacak kadar zayıf olabilir, ama bu kişinin davranışını etkilemeye yetebilir. .

Bu bölümde anlatılan deneyler görsel farkındalığın kesin sinirsel karşılığı hakkında kuvvetli bir vargıya ulaştırmadıysa da, bilincin bir yönüne deneysel yaklaşımda bulunulabileceğini gösterdi. Bir gayretle bu deneyler sürdürülürse eninde sonunda bizi problemin çözümüne götürecektir.

Buna koşut bir başka yaklaşım da şudur: Hiç olmazsa başka türlü yapılamayacak deneylere yol göstermek üzere, yanıtın genel doğasına ilişkin tahminde bulunmak. Bu spekülatif düşüncelerin bazılarının anahatlarını bir sonraki bölümde vereceğim. Oturmuş ve tutarlı bir düşünce takımı oluşturmaktan uzak (henüz), olsa olsa oldukça erken bir öneriler demeti olabilir, ancak yine de göreceğimiz gibi bazısı akla yatkın biçimde bir araya getirilebilir.

XVI. Bölüm

Büyük Ölçüde Spekülasyon

Kendi düzeltmelerini içinde patlayacak gibi tohumlarla barındıran hata meyvesini her zaman yeğlerim ben.

,Kısır doğrularınız sizin olsun.

Vilfredo Pareto

Şimdiye dek kabataslak anlatılan deneyler, ateşlemeleri belli bir anda görsel algının belli bir niteliğine karşılık gelen nöronları belirlemeye yardım edecektir. Maymunun beyninin bir tarafındaki görme kabuğunda yaklaşık

yarım milyar nöron var. Aradığımız nöronlara bizi götürecek bir ipucu var mı elimizde?

Bütün bu nöronların hepsi farkındalık nöronu olabilir, ama belli bir anda yalmzca küçük bir bölümü bu görevi yerine getiriyordun Bunun olasılığı düşük (geçen bölümde sözü edilen) gözlerin yarışması sırasında nöronların davranışından ötürü, ancak yine de o anda farkındalık nöronu olmayan nöronlar belki başka zamanlarda o işi görüyorlardır. Daha olası bir başka senaryo da görsel farkındalığın birden çok sayıda değişik biçimleri olduğu; belki çok geçici bir biçimi basit nitelikler için, biraz daha kalıcı bir biçimi canlı görsel farkındalık için ve bir de belki de aslında görsel olan ama kafamızdaki görsel “resme” karşılık olmayan bir başka biçimi daha. Buna altıncı bölümde David Marr’ın on dördüncü bölümde de Jackendoff un düşüncelerini ana hatlanyla verirken değinmiştim. İşimizi basitleştirmek için şimdilik Jackendoff un yaklaşık B taslağına eşdeğer gördüğü canlı görsel farkındalık üzerinde duralım.

Görsel dünyanın içimizdeki resminin çarpıcı bir yanı çok düzenli oluşudur. Ruhbilimciler onun hiç de sandığımız kadar ölçülü olmadığını yani oransal boyutların ve uzaklıkların her zaman bir mühendisin planındaki kadar doğru olmadığım bize sevinçle gösterseler de olağan koşullar altında nesneleri uzayda karmakarışık gördüğümüz çok enderdir. Dış gerçeklik hep orada olduğu için beynin, geçici yargılaman sağlamasını ona başvurarak yapabileceği doğrudur, ama yine de beynimiz önümüzdeki görsel dünyanın simgesel bir temsilini üretmektedir ve bu temsil uzaysal olarak çok iyi düzenlenmiştir.

Görme merdiveninin her basamağındaki nöronlar, tepki gösterdikleri şeyin görüş alanında nerede bulunduğu konusunda çok titiz davransalar, bu özellikle şaşırtıcı olmayacaktı; ancak gördüğümüz gibi bu öyle değil. Yüz gibi karmaşık bir nesneye özellikle ateşleyen bir nöron, bu yüz hayvanın tam karşısında da olsa, biraz kenarda da olsa, hatta eğik duruyor da olsa aynı ölçüde tepki göstermektedir. Bu anlaşılır bir şey. Her üst düzeydeki niteliğin her olası konumu için ayrı bir nöron bulunması beklenemez. Bunu karşılayacak kadar nöron yok ortada.

Öte yandan, birinci görme bölgesi Vl’deki nöronlar ilgilenilen niteliğin (doğrultu, hareket, renk, farklılık gibi) görüş alanındaki kesin konumu

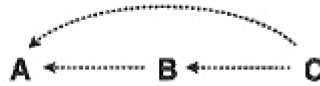
konusunda gerçekten çok titizler. Bunu yapabilmeleri olanaklı, çünkü bu nitelikler oldukça basit ve basmakalıp ve VI de oldukça büyük bir kabuk bölgesi. Ayrıca Vl’deki nöronların çoğu bakış noktasının yakınındaki niteliklerle ilgileniyorlar.

Peter Milner 1974’te yazdığı ileriyi gören bir makalesinde, yukarıdaki nedenlerle, (VI gibi) alt kabuk bölgelerinin görsel farkındalık ile daha üstteki bölgeler kadar yakın ilgisi olması gerektiğini savlıyordu.[10] Bunun görme merdiveninin üst basamaklarındaki nöronlardan alttakilere giden çok sayıda geriuzammlar kullanan bir düzenek tarafından gerçekleştirilebileceğini önermişti.[1]

Bu geriuzanımlann ne işe yaradığı hâlâ bilinmiyor. Bunlar kabuk bölgeleri arasındaki bağlantılar olduklarından hepsi de uyartı ileten nöronlardan çıkmaktadır. Anahtar soru şu; Ne kadar güçtüler? Buna verilen yanıtlar farklı, ama bu bağlantılar başka girdilerin oluşturduğu ateşlemeyi değiştirecek ölçüde güçlü olmakla birlikte normal olarak nöronları hızlı ateşletmeye yetecek güçte olmayabilir. O halde etkileri, birbirini izleyen birkaç kat kadar uzağa ulaşamayabilir. C bölgesi Bye geri uzamyorsa, B de A’ya; o zaman C’den A’ya doğrudan giden başka bir yol olmadıkça C’de olup bitenin B yoluyla dolaylı olarak A’yı etkileyebilmesi pek kuşkulu. Yalnızca geriye doğru giden yollar çizgilerle şöyle gösterelim:

A <<<<<B <<<<C

C, A’yı etkileyebilir mi? Yoksa aşağıdaki gibi doğrudan bir yol mu gerekir bunun için?



O halde şunu sorabiliriz: (Maymunun beynindeki) hangi kabuk bölgeleri doğrudan Vl’e geri uzanmaktadır?

Şekil 52’deki bağlantı şemasına başvurduğumuzda, V4 ve MT ’nin bulunduğu düzeye kadarki görme bölgelerinin (hemen hemen) hepsinin

Vl’e doğrudan bağlantılı olduğunu, daha üsttekilerin çoğunun ise böyle bağlantıları olmadığım görürüz. Buradan, canlı görsel farkındalık ile yalnızca Şekil 52’nin alt bölümünde bulunan nöronların doğrudan ilgili oldukları sonucu çıkar mı?

Bir başka görüşe göre de V2 kabuk bölgesi çok büyük ve aynı zamanda oldukça retinotopik olduğundan yalnızca VI ya da V2’ye geri uzanan bölgeleri ele almak gerekebilir. Bununla alt şakak bölgeleri (kısaltılmış adları IT ile başlayan) bazı kabuk bölgeleri daha işin içine giriyor.

Bu düşüncelerde bir miktar gerçek payı olabileceğine inanıyorum ama bu savlar nereye bakılacağı konusunda güvenilemeyecek kadar zayıf kalıyor. Bir fikir veriyor ama ikna edici olmaktan uzak. Üstelik yakın zamanlardaki çalışmalar daha önce düşünüldüğünden daha fazla kabuk bölgesinin Vl’e geri uzandığım ortaya koyuyor.[2] Bu durumda en iyisi buna fazla bel bağlamadan, konu geliştikçe göz önünde bulundurmak. Şu aşamada önemli olan beyin kabuğunda çok sayıda bulunan geriuzanımlarm anatomisi ve davranışları konusunda daha fazla bilgi edinmek.

Bir başka yol da farkındalık için beynin bir anlamda kendisiyle konuşması gerekip gerekmediği sorusunu sormak. Nöronlar bağlamında bu, “yenidengirişli yol”lan yani bir ya da birkaç adımda başlangıç noktasına dönen yollan Gerald Edelmarim önerdiği gibi elzem kılabilir.[3] Buradaki sorun zaten yenidengirişli olmayan bir yol bulmakta zorluk çekilmesi. Bu ölçütten yola çıkıldığında girişlerinin çoğunun burun içsel kabuktan gelmesi ve çıkışlarının çoğunun da oraya gitmesi nedeniyle yenidengirişli olan hippokampm bilincin asıl merkezi olduğu sonucuna varılıyor; ama bu doğru değildir. Bu olumsuz sonuca bakarak yeniden giriş ölçütünü uygulamada dikkatli olmalıyız.

Yenidengirişli yolun en basit biçimi komşu iki kabuk bölgesi arasında olacaktır. Örneğin A bölgesi B’ye uzanıyorsa ve B de Aya uzanıyorsa; ama bu hemen her zaman oluyor zaten, onun için pek işe yarar bir durum değil. Peki yeniden giriş kavramım daha kesin olarak belirleyerek daha yararlı kılabilir miyiz?

Anımsayacaksınız, pek çok kabuk bölgesi için, A, B’nin dördüncü katmanına uzanıyorsa B, A’nın dördüncü katmanına uzanmaz. Geriuzanım

o bölgeyi atlar. Bunu



ile gösterebiliriz; burada kesiksiz ok “dördüncü katmana” anlamındadır. O zaman her iki kabuk bölgesinin de karşılıklı olarak birbirlerinin dördüncü katmanlarına uzandıkları çok daha az sayıdaki durumları aramalıyız yani yukarıdakine uygun olarak



Bunlara Şekil 52’deki basamaklı yapımn aynı düzeylerindeki kabuk bölgelerinde rastlanır (hepsinde değil). En belirgin örnek MT, V4 ve V4t’dir.

Bu düşünce bana pek çekici geliyor. Buna aydınlar arasında saygınlık kazandırtaeak kuramsal savlar üretmek kolay olacaktır. Maalesef öne sürülen bu karşılıklı dördüncü katman bağlantılarının nöron düzeyindeki ayrıntıları tam olarak yeterince dikkatle araştırılmadı henüz. Kesinlikle izlenmesi gereken bir düşünce ama.

Oldukça değişik bir yaklaşım deneyelim. Şimdiye dek kabuk bölgeleri üzerinde durdum. Bir adım daha atıp hangi kabuk bölgelerinin farkındalığı temsil ettiğini, hatta bir ya da birkaç katmandaki hangi nöron türünün işe karıştığım tahmin etmeye çalışamaz mıyız? Bu yolda birkaç bulgu kırıntısı var elimizde.

Beyin kabuğu nöronlarının bir türü dikkat çekiyor. Bunlar beşinci katmandaki piramit hücrelerin bazıları. Kabuk sisteminden doğrudan dışarı uzanan bir tek onlar (Kabuk sistemiyle beyin kabuğu ve onla yakından ilişkili talamus ve özçıt gibi bölgeleri kastediyorum). Beynin öteki bölgelerine sinirsel hesapların sonuçlarının gönderilmesi gerektiği savlanabilir. Görsel farkındalığın, bu sonuçların bir parçasına karşılık gelmesinin akla yatkın olduğunu öne sürmüştüm. O halde bu cins piramit hücreler merak uyandırmak. Başka olağandışı özellikleri var mıdır? (Sonuç olarak bilimcilerin “kanıt” dedikleri şey bir nesnenin ya da kavramın

değişik görünen birçok nitelikleri arasında sağlanan uyuşmadır.) Gerçekten de bu nöronlardan bazıları özel bir biçimde ateşleyebiliyor. Birtakım sinirbilimciler böyle nöronların “patlamalı” ateşleme eğiliminde olduğunu buldular.* Kabuk bölgesinden alınan kesitlerdeki çeşitli nöronlara tek tek elektrik akımı vererek ateşleme düzenlerinin üç sınıftan birine düştüğünü buldular.[4] Birincisi bastırıcı nöronlarmkine, İkincisinin çoğu piramit hücrelerinkine uyuyordu. Bu koşullarda patlamalı ateşlenmeye eğilimli nöronları kapsayan üçüncüsü ise, çoğu beşinci katmanda bulunan büyük piramit hücrelerininkine uymaktaydı. Bu iri nöronların'tepe dendritleri kabuğun en üst katmanına (birinci) kadar çıkıyor ve herhalde az önce sözü edilen geriuzammlan alıyor (başka girişlerin yanında).

*Bu nöronlar akson darbelerini ne tamamen düzgün bir biçimde ne de rasgele üretiyorlar. Bunu yerine kısa süreli patlamalar halinde bir anda birkaç darbe üretiyorlar ve patlamalar arasındaki uzun sürede ise tek tük darbe görülüyor.

Pek de kesin olmayan bütün bu bulgular beşinci katmandaki bu belli piramit hücrelerin farkındalıkla yakın ilişkileri olabileceği kanısını uyandırıyor. Ancak beşinci katman piramitleri kabuktaki hesapların “sonuçlarını” ifade ediyor olsalar da, bundan hepsinin, her bölgede, ateşleyerek bir tür farkındalık ürettikleri sonucu çıkmaz. Bunun için bir şey daha, örneğin bu bölümde ileride söz edeceğim salınım devreleri gibi özel türden bir kısa dönemli bellek gerekebilir.

Bu düşünceler spekülatif olmakla birlikte, sinirbilimcinin deney sonuçlarmı bildirirken hangi katmam ve olanaklıysa hangi tür nöronu kaydettiğini bilmenin önemini vurgulamaktadır. Uyanık hayvanlar üzerinde çalışma yaparken çoğu kez teknik zorluklar çıkarır bu, ama yeni ve daha incelikli yöntemler işi kolaylaştırabilir.

Kabuk bölgelerine yakın ilgi göstermemizi öneren daha genel bir sav da var. Nöronun aksonu ve dendritleri birkaç katmana yayılı olduğu halde hücre gövdesinin bulunduğu katman normal embriyo gelişimiyle kalıtsal olarak belirlenmiştir (Öte yandan nöronun bağlantılarının ayrıntıları, daha çok deneyimlerden etkilenir). Ateşlemeleri gördüğümüze karşılık gelen özel türden kabuk nöronları gerçekten de varsa, bu nöronların gövdelerinin bir ya da birkaç kabuk katmam ya da altkatmanında bulunftıası beklenir.

Görsel farkındalığın içeriği, beynin gözlere ulaşan bilgiye bir anlam verme ve bunu toplu ve düzenli bir biçimde ortaya koyma çabasının bir sonucudur. Bunu yapmanın canlıya gerçek bir yararı olmalı. Birbirinden ayrı birkaç yerde gerekiyor olabilir. Beynin hangi parçalarına ulaştırılmalı bu bilgi? Açıkça belli olan iki yerden biri hippokamp sistemi (olay belleğinin geçici depolama ya da şifrelemesiyle ilgili) öteki de hareket sisteminin özellikle üst düzeyde planlama düzeyleridir. Bu iki yerden geriye doğru giden bağlantıları izleyerek görsel farkındalığın beyin kabuğunda nerede olduğunu saptayabilir miyiz?

Ne yazık ki bu yaklaşım şimdilik sorunları çözmekten çok artırıyor. Görsel farkındalık belli bir düzeyde işitme ve dokunma gibi duyulardan gelen bilgilerle birleşiyor olmalı. Bir fincan kahveyi içerken fıncanm görünüşünün yanında kahvenin kokusu ve tadınmm da farkındasımzdır. Üst düzeydeki görme bölgeleri gerçekten de kabuğun çokduyulu olan bölgelerine uzanırlar. Pek açık olmayan şey hippokampa ve hareket sistemine gönderilen görsel farkındalık türünün 21/2 boyutlu taslağın canlı yüzeysel farkındalığına mı yoksa 3B modeldeki resme daha az benzeyen bilgiye mi daha yakın olduğu. Belki her ikisi de gereklidir.

Kabuğun çokduyulu bölgeleri ve hippökamp oluşumu ile görme bölgeleri arasındaki anatomik bağlantılar artık oldukça iyi biliniyor (Bkz. Şekil 52). Ne V4 ve MT gibi görme bölgeleri ne de alt şakak bölgelerinin oraya doğrudan uzanmadıkları açıkça görülüyor. Görsel bilgi hippokampa erişmek için başka kabuk bölgelerinden geçmek zorundadır. Maalesef bu bölgelerdeki nöronların tepkilerine ilişkin bugünkü bilgimiz çok kabataslak ve daha çok araştırma gerektiriyor.

Kabuğun hareket bölgelerine giden yollara ilişkin birtakım çalışmalar yapılmış ama daha çok araştırılmaları gerekiyor. Ayrıca hareket kabuğuna daha başka, dolaylı yollar da var. Çizgili cisme kabuğun her tarafından çok sayıda yol gider (İlginçtir ki bunlar beşinci katmandaki bazı piramit hücrelerden çıkmaktadır). Bilgi oradan talamusun parçalarına ve oradan da kabuğun çeşitli hareket ve önhareket bölgelerine gider. Bir de beyin kabuğundan beyinciğe gidip oradan talamus yoluyla kabuğa geri dönen bir yol da vardır. Bu yolların bazıları daha çok ‘‘bilinçsiz” otomatik eylemlerle

ilgili olabilir. Görsel (ve başka) farkındalık çeşitlerini anlamak için beynin bu bölgeleri üzerinde daha çok araştırma yapmak gerekecektir.

Farkındalık nöronunun bir özelliği, daha çok ilgili nöron ağları tarafından alman kararlar sonucu ateşliyor olmasıdır. Adaletli bir uzlaşma doğrusal bir işlem olabilir ama keskin bir karar doğrusallıktan çok uzaktır. ABD'de Başkanlık seçimi doğrusal olmayan bir işlemdir, oysa orantılı temsil yöntemiyle yapılan seçim doğrusala daha yakındır, en azından her birey oyunu verdikten sonra. Nöronlar ve oluşturdukları sinirsel ağlar doğrusallıktan oldukça farklı davrandıklarına göre burada ilkesel bir sorun yok.

Nöronlar için bu düzenek kazananhepsinialır işlemi olmalı (başkanlık seçimindeki gibi) yani çok sayıda nöron yarışır ama yalmzca biri (ya da birkaçı) kazanır; ötekiler daha yavaş ateşlemeye ya da hiç ateşlememeye itilirken kazanan daha canlı, ya da özel bir biçimde ateşler.

Yapay sinirsel ağlarda bunu yapmak oldukça kolaydır. Her nöron, uyartı üretirken aynı zamanda rakip nöronları bastıracak biçimde çalıştırılabilir. En etkin olanı rakiplerinin hepsini bastırabilecektir (seçimde olduğu gibi!). Gerçek nöronlarda ise iş o kadar basit değil, çünkü çoğu durumda bir nöron ya uyartı üretiyor, ya da bastın, ikisini birden yapamıyor. Bu sorundan kaçınmak için bazı oyunlar oynanabilir, örneğin uyartıcı nöronlar bastırıcı nöronları uyarabilirler, onlar da gidip uyartıeıları bastırırlar. Bu genel bastırmayı yenen nöron kazanacaktır. Kazananhepsinialır işlemini uygun biçimde yapabilen bir nöron ağını tasarlamak ustalık ister, ama üstesinden gelinemeyecek bir şey değil, özellikle yarışmayı tek bir nöronun değil de birkaçının kazanmasına izin veriliyorsa.

Doğa'nm evrimle bu tür bir düzeneği yaratamaması için bir neden yok. Sorunumuz beyinde böylesi işlemlerin nerede olduğunu tam olarak saptamak. Şimdiye dek beyin kabuğunun içinde ya da yakınlarındaki oldukça karmaşık yerel devrelere ilişkin yeterince bilgi edinemedik, ama bu durum giderek değişebilir. Kabuktaki nöron etkileşimleri o kadar karışık olabilir ki hiçbir basit düzeneğin bulunamayacağı anlaşılabilir, ama anahtar konumda bir işlemin özel bir nöron aygıtı kullanıyor oluşuyla karşılaşmamız her an olası. Yapabileceğimiz tek şey gözümüzü açıp bu

yönde umut veren belirtileri izlemek. farkındalığın her zaman (bir Necker kübüne bakarkenki gibi) iki ya da daha fazla seçenek arasında karar vermeyi gerektirmiyor oluşu işi karıştırıyor. Bazı durumlarda, görüş alanındaki bir nesnenin uzaklığını birtakım farklı derinlik ipuçlarına dayanarak kestirmede olduğu gibi, değişik bilgi kaynakları arasında bir uzlaşmaya gitmek daha yararlı olabilir. Öte yandan, bir nesnenin öbürünün önünde olup olmadığı, yani kısmen onu kapayıp kapamadığı, bir karar vermeyi gerektirir.

Farkındalık nöronlarını ararken birkaç umut verici araştırmaya yönelmekle birlikte güvenebileceğimiz fazla bir ipucu bulamadık şimdiye dek. Acaba izleyebileceğimiz başka bir yol yok mu? Kısa dönemli belleği nöron düzeyinde inceleyerek görsel farkındalığa ilişkin işe yarar bir şey öğrenebilir miyiz? Bir biçimde kısa dönemli bellek olmaksızın bilinçli olamayacağımız hiç kuşkusuz gibi ama bu bellek ne kadar kısa dönemli olmalıdır, hangi sinirsel düzenekleri gerektirir gibi sorular var.

Belleğin iki genel türü olduğunu anımsayın. Bir şeyi anımsama etkinliği sırasında kafanızın bir yerinde o anıyı temsil etmek üzere ateşleyen nöronlar olmalı. Ancak o anda etkin olarak aklınıza getirmediğiniz Özgürlük Anıtı ya da doğum tarihiniz gibi anımsayabileceğiniz bir sürü şey var. Böyle bellekte saklı duran anılar genellikle nöronların ateşlemesini gerektirmeyecektir. Anı beyninizde çok sayıda sinaps bağlantısının (ve başka parametrelerin) değişmesiyle yer etmiştir ve uygun bir ipucu verilerek bununla ilgili nöron etkinliği gerektiğinde yeniden üretilebilmektedir.

İlgilendiğimiz çok kısa dönemli bellek, bu biçimlerinden hangisine uymaktadır, etkin olanına mı yoksa saklı olamna mı? Çoğunlukla etkin biçimi gerekiyor olmalı, yani az önce gördüğünüz bir nesne ya da olaya ilişkin aklınızda kalan şeyler, etkin olarak ateşleyen nöronlara dayanıyor olmalı. Bu nasıl gerçekleşiyor olabilir? Ben en azından iki yol düşünebiliyorum bunun için.

Nöron bir kez etkin duruma getirildiğinde, çok sayıda iyon kanallarına dayanan içsel bir özellik nedeniyle ateşlemesini sürdürüyor olabilir. Bu ateşleme belli bir süre içinde kendi kendine zayıflayabilir ya da nörona dışarıdan gelen bir işaret somıeu durabilir. İkinci ve oldukça değişik bir

düzenek ise nöronun kendisine değil de öteki nöronlarla bağlantısına dayanıyor olabilir. Kapalı bir halka oluşturan nöronlardan birinin bir sonrakini uyardığı “salınım devreleri”, etkinliği halka çevresinde sürdürebilir. Bu iki düzenek birbirini dışlamaz; her ikisi de var olabilir. .

Ama kısa dönemli belleğimizin, buna ek olarak, bir de saklı biçimi olabilir mi? Yani ilgili nöronlar önce ateşlemeye dürtülsünler, sonra ateşlemeleri dursun ama saklı belleği etkinliğe itecek yeterince kuvvetli bir ipucu verildiğinde yeniden hızlı ateşlemeye başlasınlar. Ama ilk ateşleme dalgası sistemde bir iz bırakmadan nasıl olabilir bu? Belki de sinapslarm kuvvetinde (ya da başka sinirsel parametrelerde) bu kısa dönemli sakk belleği gerçekleştirecek geçici değişimler olabilir mi? Sınapslar da gerçekten de böyle geçici değişimler olduğuna ilişkin deneysel bulgular var mıdır? Bu arada, bunların varlığı Christoph von der Malsburg tarafından daha önce sözünü ettiğim oldukça unutulmuş kuramsal makalesinde önerilmişti.

Christoph’un bilgisi dışında, sinapsta geçici değişimler olduğunu gösteren deneyler kendisinden önce de yapılmıştı, îlk kez ellili yıllarda beyinden çok uzakta, kasları uyaran sinirlerin kasa değdiği yerlerdeki sinirkas bitişeklerinde bulunmuştu bunlar.[5] Benzeri geçici değişimler bundan kısa bir süre sonra da hippokamptaki sinapslarda bulunmuştu.[6] Akson darbesi sinapsa ulaştığında sinapsm kuvvetini bir anda artıracak bir değişikliğe yol açar. Birbiri peşi sıra çabuk çabuk gelen darbeler daha da büyük bir artışa yol açar. Sinaps kuvvetindeki bu artış sonra karışık biçimlerde söner; bir kısmı 50 milisaniye kadar çabuk, bir kısmı daha yavaştır. Sönme süresi saniyenin kesrinden bir dakikaya kadar değişir. Bu süreler kısa dönemli belleğe uymaktadır. Yeni kabuktaki sinapslarda da böyle olduğuna işaret eden belirtiler var. Daha çok sinapsm giriş yanındaki (sinapsberisindeki) değişikliklerden ötürü gibi görünüyor. Oralarda dolaşan kalsiyum iyonlarının ve belki de sinaps kavşağına daha yakın sinaps keseciklerinin hareketleri bu işte bir rol oynuyor olabilir.[11] Nedenleri ne olursa olsun, var olduklarından pek de kuşkumuz olmayaiı bu geçici değişimler hiç de küçümsenmeyecek ölçülerde olabiliyor.

Maalesef bu geçici değişimler üzerinde pek çalışma yapılmıyor. Bunun ana nedeni sinaps kuvvetindeki uzun dönemli değişimleri şu sıralarda çok

ilgi gören bir konu incelemenin daha kolay olması. Sinirsel ağlar üzerindeki kuramsal çahşmalarda da pek yer verilmiyor. Çok tuhaf bir durumla karşı karşıyayız: bilinç (ve özelde görsel farkındalık) için çok hayati önem taşıyan bir olguyu hem deneyciler hem de kuramcılar göz ardı ediyorlar.

Sinaps ağırlığındaki bu geçici değişimler salınım devrelerinin kısa süreli beslenmeleri için de önem taşıyabilir. İlgili sinaps kuvvetini artırmak devrenin salmımsal ateşlemesini sürdürmesine yarayabilir.

Belki daha da zor olan sorun bu sürdürülen ateşlemenin fazla yayılıp başka devreleri etkilemesinin nasıl önüne geçileceği. Beyinde o kadar karışık yollar var ki eğer salınım devreleri varsa, tam nerede olduklarım saptamak hemen hemen olanaksız. Etkin kısa dönemli belleğe ilişkin türden salınmaların yalnızca belirli bir ya da birkaç yerde bulunması olanaklı mı? Bellektekilerin denetimsiz biçimde yayılmaması için böyle bir devrenin bağlantılarının aynı genel türdeki komşu devrelerden bir Ölçüde yalıtılmış olabileceğim ileri sürecek bir şey var mı?

Tuhaf gelecek ama gerçekten de çok kısa dönemli bellekle ilgili olduğunu düşünebileceğimiz bir devre var. Bu devre talamus tan çıkıp kabuk bölgesindeki altıncı katman piramit nöronlarına gidiyor ve işaretleri talamusun aynı bölgesine geri gönderiyor. Bundaki talamus ve kabuk nöronlarının aksonlarından, çok az sayıda yanlamasına yayılan dallar çıkar; bundan dolayı komşularıyla oldukça az etkileşiyor olmalılar.[7] Bu da onlara sözü geçen kısmi yalıtımı sağlayabilir.

Bu yollar üzerinde, başlıca VI kabuk bölgesi ve onun LGN ile olan bağlantıları bağlamında çalışmalar yapılmıştır. LGN’den altmcı katman piramitlerine giden ileri yöndeki yol oldukça zayıf gibi. Altıncı katmandan LGN’ye geri yöndeki yolda çok sayıda akson bulunur; LGN’den dördüncü katmana giden ileri yöndeki ana yola göre belki de beş ya da on kat fazla. Bu tek başına bile çok şaşırtıcı; özellikle de bunların ne işe yaradığı tüm uğraşlara karşın bulunamamışken. Ancak bu yollara ilişkin deneyler uyuşturulduktan için çok kısa dönemli bellekleri olmayan ya da çok zayıflamış olan ve bundan ötürü bilinçsiz durumda olan hayvanlar üzerinde yapılmıştır. Livingstone ve Hubel birkaç sayfa önce anlattığım makalelerinde LGN nöronlarının etkinliğinin yavaş dalgalı uykuda azaldığını buldular. Bunun etkisiyle işaretler (bulduktan gibi) LGN’den

Vl’e erişebilseler de bir salınım etkinliğini sürdürmeye yetecek büyüklükte olmayacaklardır. Beyin sapından çıkan ve yavaş dalgalı uykuda LGN’nin (ve genelleştirerek talamusun öteki bölümlerinin) etkinliğinde değişiklikler yapabilecek sinir yollan olduğu bilinmektedir.

O halde şu varsayımda bulunabiliriz: Bu altıncı katman nöronları bilincin temel niteliklerinden biri olan çok kısa dönemli belleği gerçekleştiren salınım devrelerinin sürdürülmesiyle çok yalandan ilgilidirler. Bu da az önce değindiğim genel düşünceye, yani etkinlikleri genelde bilince ve özelde görsel farkındalığa karşılık olan nöronların başlıca alt kabuk bölgelerinde bulundukları düşüncesiyle uyumludur.

Her kabuk bölgesinde böyle salınım devreleri bulunabilir mi? Bir başka deyişle, kabuk bölgelerinin hepsinin altıncı katmanında talamusa uzanan ve talamusun da onlara geri uzanımlarda bulunduğu piramit hücreleri var mıdır? Ne yazık ki elimizdeki bilgiler tamamıyla açık seçik değil. Bu kısa dönemli bellek biçimi ve dolayısıyla Jackendoff m önerdiği türden bilinçli farkındalık için gereken salınım devreleri belki de yalmzca alt ve orta (anlaşıldığı kadarıyla dördüncü katmanları kayda değer olan) duyusal işlem katlarında bulunmaktadır. Dördüncü katmana kuvvetli girişler, altıncı katmandaki belli sahmm devrelerini güçlendiriyor olabilir. Bunlar doğru çıkarsa beynin yapısı ve Jackendoffın varsayımı arasında önemli bir bağ kurulmuş olacak heyecan verici bir olasılık.

Spekülasyonu bir kenara bırakacak olursak, nöronların sürekli ateşlemesinin' herhangi bir kısadönemli bellek biçimiyle ilgili olduğunun bir tamtı var mı? Patricia Goldman Rakic ve Yale’daki çalışma arkadaşları, başkalarının öncü çalışmalarını[8] izleyerek bu yolda deneyler yaptılar,[9] Bir maymuna TV ekranının ortasındaki bir lekeye gözünü dikip bakması öğretilmişti. Bu arada ekranın rasgele bir başka noktasında bir hedef dürtü gösteriliyordu. Hedef kaybolduktan belli bir süre sonra maymun hedefin olduğu noktaya çeviriyordu gözünü. Deneyciler de hayvanın beyninin alın arkası bölgesindeki görme nöronlarının tepkilerini inceliyorlardı. Hedef ekranda belli bir yerdeyken hep belli bir nöron tepki gösteriyordu başka nöronlar ise hedef başka yerlerdeyken. Çarpıcı olan şey, böyle nöronların, çoğu kez hedef yok olduktan sonra saniyelerce ateşlemelerini sürdürmeleriydi, maymun tepkisini gösterinceye dek. Kısacası bu nöronlar

görsel yer belirleme için çalışma belleği sisteminin bir parçası gibiydiler.* Başka çalışma belleği türleri için beynin başka yerlerinde bunun gibi başka sistemler bulunması olasıdır. Böylelikle kısadönemli belleğin nöronların sürekli ateşlemesini gerektirdiği en azından bir örnek var elimizde.** Başka durumlarda ise bulgular şüphe götürmektedir.

Tek bir iş olduğundan maymunun bu gecikme sırasında yapmakta olduğu işi akimda yineliyor olabileceğini düşünebilirsiniz. Maymunun değişik iki işi birden yapması gerekiyor olsaydı nöronlar düzeyinde ne olacağı bilinmiyor. Hangi sinirsel düzeneğin bu nöronların ateşlemesini sürdürdüğü de bilinmiyor henüz. Dikkat üzerindeki çalışmalarda olduğu gibi işin başlangıcında olduğumuzu ve kısadönemli belleğin sinirsel temelini ortaya çıkarmak için daha çok deneysel çalışma yapmamız gerektiğini söyleyebiliriz.

* Ayrıca 2deoksiglukoz tekniği ile, böyle bir iş yaparken almarkası kabuğuyla bağlantılı olan hippokamp oluşumu, arka duvar kabuğu ve talamusun orta art çekirdeği gibi bölgelerde etkinliğin arttığım gösterdiler.

**Ne yazık ki bu nöronların ateşleme biçimlerinden salınım devrelerinin var olduğu sonucuna varamayız hemen.

1

Kendi deyişiyle: “Farkındalığın her tarzında bulunan biçim farklılıkları, o tarza ilişirin orta düzeydeki yapıdan kaynaklanır, onunla desteklenir ya da onun sonucudur. Bu yapı ise kısa dönemli bellekte seçme işleviyle belirlenen ve dikkat süreciyle zenginleşen uygun bir temsil takımının bir parçasıdır. Özel olarak, dil farkındalığı sesbilimsel yapının sonucudur, onunla desteklenir ve ondan kaynaklanır; müzik farkındalığı ise müziksel yüzeyden görsel farkındalık da 2VsB taslaktan.”

2

Yazdıklarındaki derin anlamı değerlendirebilmek için okuyucu Jackendoff un kitabını okumalı (Kuramının son biçimi olan VIII. Kuram, duyguyu da ele alır).

3

Takımın üyeleri birbirine yakın iseler (yani bir ölçüde etkileşmeleri olasıysa), giriş işaretleri bir ölçüde benziyorsa ve bir ölçüde benzeri yerlere uzanıyorsalar bu özel bir soruna yol açmaz. Bu durumda tek bir sinirsel ağın “nöronları” gibi olacaklardır, Maalesef böylesi basit nöron ağları genellikle bir anda tek bir nesneyle uğraşabiliyor.

4

Ortaya koyduğum biçimiyle, bağlanmanın gerçekten bir sorun olup olmadığından kesinlikle emin değiliz, belki de beyin bilmediğimiz bir oyunla bunu atlatıyordun

5

Böyle bir eğriye “ruhbilimsel eğri” denir. .

6

REM uykusunda beyin dalgalarının uyanık beyninkine yakın bir benzerlik taşıması, rüyalarımızdan bildiğimiz gibi, beynin REM uykusunda en azından kısmen bilinçli olduğunu önerir. Uykunun yavaş dalgalı (REM’siz) aşamasında beyin dalgaları uyanık durumdakinden oldukça farklıdır ve o sırada hiç rüya görülmez, ya da pek az görülür, O halde yavaş dalgalı uyku sırasında genel olarak bilinçsiz olduğumuzu varsaymak akla yatkındır.

7

LGN’deki bazı nöronlara da baktılar.

8

Yani dürtüye karşılık ateşlemenin sıklığı nöronun zemin ateşleme sıklığından daha yüksekti.

9

Bu deneyleri iki nedenle anlatmayacağım: Benim asıl ilgilendiğim konu olan görme sistemiyle doğrudan ilişkisi yok ve yorumlanmaları zor ve tartışmalı olduğundan uzun boylu açıklanmaları

gerekecek ve bu da konuyu dağıtacak. Daha çok, Eksöz bölümünde kısaca anlatacağım Özgür İrade sorusu ile ilgileri var.

10

Ücretli izinlerinden biri sırasında yazdığı bu makale unutulup gitmişti. Ne Christof Koeh ne de ben böyle bir makaleyi duymuştuk. Şans eseri Arizona'da bir konferansta Peter bize bu unutulmuş makaleden söz etti. Bu makalede ayrıca bağlanma sorusunun çözümü için ilintili ateşleme düşüncesini ortaya atmıştı. Yıllar içinde Stephen Gî'ossberg, Antonio Damasio, Skimin Ullman ve başkaları bu geri iletim yollan için benzeri işlevler bulunabileceğini ileri sürdüler.

11

Yalmzea sinapsberisinde iseler yani sinapsötesinde ne olup bittiğinden bağımsız iseler von der Malsburg'un gerekli gördüğü gibi Hebb'cil olamazlar. Bu geçici değişikliklerin Hebb'cil olup olmadıklarının incelenmesi gerekiyor. Hebb'cil olmayan geçici değişiklikler kuramı kuramcılar tarafından büyüle ölçüde göz ardı edilmiştir.

XVII. BÖLÜM
Titreşimler ve İşlem Birimleri

"Tahmin yürütmek, özellikle geleceğe yönelikse, zordur."

Bağlanma sorununa yani aynı nesnenin (ya da olayın) farklı niteliklerine tepki olarak ateşleyen nöronların, özellikle tek bir algılama anında birden fazla nesne algılandığında, nasıl birbirlerine bağlanacağına getirilebilecek olası çözümlere ilişkin çok az şey söyledim şimdiye dek. Bağlanma önemli, çünkü en azından bazı farkındalık türleri için gerekli gibi. On dördüncü bölümde bağlanmanın, işe karışan nöronların ilintili ateşlemeleriyle sağlanabileceği Önerilmişti. İlintili ateşlemenin oldukça basit bir biçimi nöronların belli bir ritimde birlikte ateşlemeleridir (ancak ilintili olması için ritim gerekmez illa da). Şekil 57'deki örnek her 100 milisaniyede bir yani 10 Hertz frekansta patlamalarla ateşleyen nöronları gösteriyordu. Bu ya da buna yakın frekanstaki ritimlere "aritimleri" (alfa ritimleri) denir. Kafa derisi üzerinden kaydedilen beyin dalgalarında (EEG)

gördüğümüz oldukça karmakarışık işaretlerde bu ve benzeri ritimlere rastlanır. Nöronların takımlar halinde ilintili ateşledikleri yolunda deneysel bulgular var mıdır?

İlintili ateşlemenin koku alma sisteminde ateşleme titreşimleri biçiminde gerçekleştiği bir süredir bilinmektedir,[1] ama titreşimler görme kabuğunda ancak daha sonraları açıkça gözlemlenebilmiştir. En çarpıcı sonuçlar Almanya'daki iki ekip tarafından elde edilmiştir. Frankfurt'ta Wolf Singer, Charles Gray ve arkadaşları kedinin görme kabuğunda titreşimleri gördüler.[2] "Gamma titreşimleri" ya da kabaca "40Hertz titreşimleri" olarak adlandırılan bu titreşimler 35 ile 75 Hertz arasındaydı. Bu gözlemden bağımsız olarak

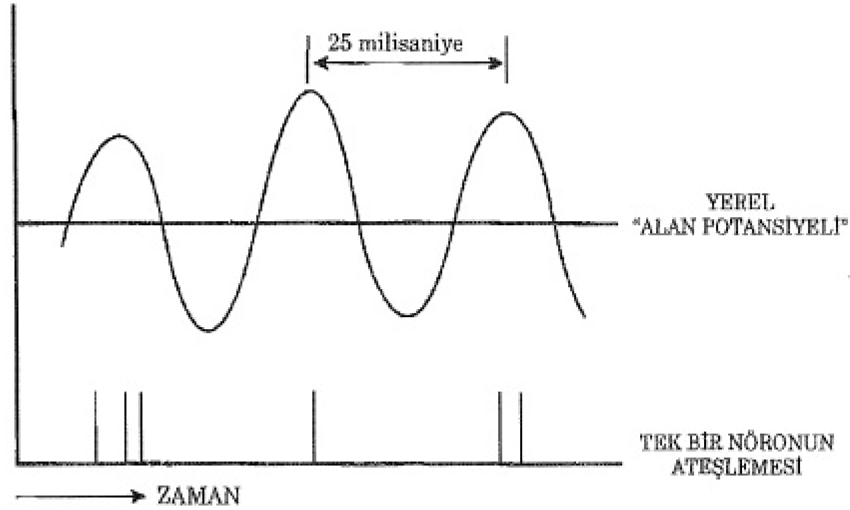
Marburg'da Reinhard Eckhorn ve arkadaşları da böylesi titreşimler gözlediler.[3] Bunlar özellikle "elektrik alanı potansiyelini" Ölçen elektrotlarla açıkça görülebiliyordu. Kısaca açıklamak gerekirse, elektrotun yakınlarındaki birtakım nöronların sürekli değişen ortalama etkinliği görülmekteydi, bir kokteyl partisindeki bir grup insanın konuşmalarından oluşan uğultu gibi.

Bu deneyler oldukça yenidir ve her geçen gün yeni sonuçlar alınmaktadır. Bunları çok basit ve kabataslak olarak anlatacağım.

Daha önce belirttiğim gibi, görme kabuğundaki bazı nöronlar görüş alanındaki uygun bir uyarı sonucu etkin hale gelince ritmik olarak nitelendirilebilecek bir biçimde ateşlerler. Çevrelerindeki ortalama yerel etkinlik (alan potansiyeli) çoğu zaman 40 Hertz dolaylarında titreşimler gösterir. Bu nöronlardan birinin ürettiği darbeler gelişigüzel anlarda değil de yerel titreşim ile "vuru" yapacak biçimdedir (Şekil 60'a bakınız). Bu vuru sırasında nöron birkaç darbelik kısa bir patlama biçiminde ateşler. Bazen hiç ateşlemeyebilir, ama ateşlediğinde, arkadaş nöronlarla yaklaşık bir eşzamanlılık gösterir. Bu titreşimler özellikle bir düzen içinde değildir. Dalga biçimleri sabit frekanslı çok düzgün bir matematiksel dalgaya değil de daha çok kabaca elle çizilmiş bir dalgaya benzer.

Çok uzak olmayan iki elektrot kullanan Singer ve arkadaşları elektrotlardan birinin yakınındaki nöronlar ateşlediğinde, öteki elektrotun

yakımndekilerle eşzamanlı olarak ateşlediklerine rastladılar çoğu zaman. Elektrotlar birbirlerinden 7 milimetre kadar uzaklıkta olsalar bile alan potansiyelleri aynı fazda titreşebilir, ama bu ancak onları uyaran hareketli dürtü iki farklı nesneden değil de aym bir nesneden geldiğinde olur genellikle.[4] Bu son saptamayı destekleyen deneysel bulgular henüz oldukça yetersiz. Buna ek olarak yapılan deneyler ilk görme bölgesindeki nöronların hareketli bir çubuğa, ikinci görme bölgesinde buna karşı gelen yöredeki nöronlarla aynı fazda ritmik olarak ateşleyerek tepki gösterdiklerini ortaya koydu. Böylece farklı kabuk bölgeleri arasında da eşzamanlılık olabildiği gösterildi.[0] Daha sonraki deneylerden de bunun kabuğun iki yarıküresi arasında da olabildiği anlaşıldı.[6]



Şekil 60. Bazı nöronların 40 Hz'lik ritimle nasıl ateşlediklerini basitleştirilmiş olarak gösteriyor (40 Hz'lik titreşim her 25 milisaniyede bir tekrarlanır). Yumuşak eğri yerel alan potansiyelini temsil etmektedir. Bu, o yöredeki çok sayıda nöronun ortalama "etkinliği"nin bir ölçüsüdür. Kısa düşey çizgiler tek bir nöronun ateşleyişini gösteriyor. Böyle bir nöronun komşularıyla birlikte, yani yerel alan potansiyelinin temsil ettiği "vuru" sırasında ateşlediğine dikkat ediniz (Alan potensiyelini çizerken alışılagelmiş yönü tersine çevirdim).

Her iki Alman ekibi de bu 40 Hzlik titreşimlerin beynin bağlanma sorununa bir çözüm olabileceğini ileri sürmekte. Tek bir nesnenin (şekil, renk, hareket, vb.) değişik niteliklerini simgeleyen nöronların bu nitelikleri birbirleriyle eşzamanlı ateşleyerek bağladıklarını önerdiler. Koch ve ben (35 ile 75 Hz arasındaki) gamma titreşimlerinin tepelerinde ya da yakınında gerçekleşen bu eşzamanlı ateşlemenin, görsel farkındalığın sinirsel karşılığı

olabileceğini önererek bu düşünceyi bir adım ileri götürüyoruz.[7] Böyle bir davranış kuramcıların önerdikleri ilintili ateşlemenin özel bir durumu olacaktır.

Ayrıca dikkat düzeneğinin ana işlevinin, dikkat edilecek nesneyi seçerek, beynin görsel girdinin o bölümüne ilişkin en iyi yorumuna karşılık olan tüm ilgili nöronlar topluluğunu eşzamanlı kılmaya yardım ettiğini ileri sürdük. Kanımızca, bazı parçaları görüş alanında göze batan bir nesneden ötekine sıçrayan dikkat projektörünü denetleme işini gören talamus, “dikkat orgam”mızdır.

Başlangıçta deneyler kedi hafif bir uyuşturucu etkisi altındayken yapılmıştı. Barbıtürat gibi çok kuvvetli bir uyuşturucu kullanılınca titreşimler yok oluyordu, ama bu durumda nöronların etkinliği çok azaldığından bu sonuçtan fazla birşey çıkarmak olanaksız. Yakın zamanlarda uyanık kediler üzerinde yapılan deneyler de (Charles Gray’den özel yazışma ile öğrendim) 40 Hertzlik titreşimler gösteriyor, o halde titreşimler uyuşturucudan kaynaklanan yapay bir olay değil. Hafif uyuşturulmuş maymunların VI kabuk bölgesinde yapılan bazı yeni deneylerde de titreşimler görüldü.[8] Uyanık maymunların MT kabuk bölgesinde, görsel girdi olarak hareketli çubuklar kullanıldığında görülüyor,[8] ama rasgele oynayan benek örüntüleri gösterildiğinde olmuyor.[10] Bu farklılık açıklanamadı henüz. Görsel farkındalıktan çok şekil/zemin ayırt etmedeki titreşimlere daha uygun olsa gerek. Eberhard Fetz ve arkadaşları, özellikle dikkat gerektiren incelikli bir iş yapmakta olan uyanık maymunun hareket/bedenduyusal kabuğunda da bu titreşimleri açıkça gördüler.[11]

Titreşimler genellikle oldukça geçici oluyor.[12] Ne kadar uzun sürdükleri çoğu kez kullanılan görsel işaretin süresine bağlı oluyor. Başka yerlerdeki nöron takımları arasındaki ilintili titreşimler, bazı kuramların da tahmin edebildiği gibi, yalnızca birkaç yüz milisaniye sürebiliyor. Bu bulgular bir tartıldığında, dünyanın kafamızdaki canlı resminin tamamıyla böyle “gürültülü” ve güçlükle gözlenebilen nöronların etkinliğine bağlı olduğuna inanmak gerçekten çok zor.

Artık zorlu bir cinayet olayı karşısında polislerin ilk aşamalarda olabileceği kadar şaşkın olmalısınız. Bir sürü ipucu var ama hiçbirinin bizi esrarı çözmeye yönelttiğinden emin değiliz. Kamuoyu bu tür polis çalışmasının çok sayıda oldukça zayıf ipuçlarını bir düzen içinde ve inceden inceye izlemenin değerini bilmez pek. Aynısı görsel farkındalığa yaptığımız bilimsel hamle için de geçerli. Hepimizin de istediği yanıtı bulmak, ama çoğunun yanlış yola sokma ve hatta tamamıyla yanlış olma olasılığı bulunan bir sürü değişik yolu dikkatle denemeden olanaksız bu.

Bu akıl yürütmeden çıkan şey, görsel farkındalığın birkaç biçimi olabileceği ve dolayısıyla genelde bilincin daha bile fazla sayıda biçimleri olabileceğidir. Primatların görme sisteminin yapısında ve davranışında bu değişik görsel farkındalık biçimlerinin karşılıklarını bulmamızın bir yolu yok mu acaba?

Anımsayacaksınız, görsel işlemin üç olası aşamasını tanımlamıştım: bir tanesi çok geçici olup kabaca Marr'm ilkel taslağına karşı gelen; ildncisi daha kalıcı ve canlı olup yine onun 21/2 B taslağına ve Jackendoff un ara düzeyine karşı gelen; ve bir de 3B nesneye dayalı ve aslında gördüğümüze değil de gördüğümüzün ima ettiklerinden bazılarına karşılık gelen. Belli bir nesnenin dış hatlarını ve bana dönük yüzeylerini net olarak görüyorsam bunun 3B bir fincan olduğunu çıkarabilirim. Gündelik konuşmada bu her iki olay için de görmek sözcüğünü kullanırız. “Oradaki fincanı görüyor musun?” diye sorduğumda görmek sözcüğünü her iki anlamda birden kullanıyorum. Yalnızca fincanın bana görünen yüzeylerini, ya da aynı zamanda fincanın tamamından edindiğim üçboyutlu şekli kastediyor olabilirim. Hem 21/2 B taslağın, hem de 3B modelin bir tür çıkarsama olduğuna dikkat ediniz; her ikisinde de görsel girdinin yorumlanması var ve her ikisi de yanıltılabilir. Sözcüklerin alışılagelmiş kullanımı beynimizde gerçekte olup bitenleri doğru olarak tanımlayamayabilir.

îşlem Önermesi olarak adlandıracağım bir düşünceye göre görsel işlemlerin her aşaması helli hir talamus bölgesinden yönetilir Ender olarak sorulan anahtar soru şu: Bir talamus çekirdeğinin baktığı kabuk bölgelerinin ortak yanı nedir?

Primatların görme sisteminde (talamusun bir parçasıolan) LGN'nin başlıca birinci görme bölgesi VI ile ilişkili olduğunu biliyoruz. Primat

talamusunun görmeye ilişkin öteki bölgeleri onun “yastık” (on beşinci bölüme bakınız) denilen büyükçe parçasının içindedir. Yastığın çok sayıda belirgin altbölgesi, bunların her birinin de birkaç belirgin altaltbölgesi vardır. Bu bölgelerin her biri görme işleminin tek bir aşamasıyla mı ilişkilidir? îki olasılık var. Altbölgelerin başlıca üç tane: alt, yan ve orta yastık bölgeler her birinin David Marr’m aşamalarından biri ilk taslak, 21/2 B taslak ve 3B model ile, ya da bunlara benzer aşamalarla, kuvvetli bir bağı olabilir. Bir başka olasılık da daha ufak ve çok sayıdaki altaltbölgelerden her birinin Van Essen’in görme merdivenindeki basamaklardan biriyle (Şekil 52) kuvvetli bir bağı bulunmasıdır. Tabii her iki olasılıkta da gerçek payı var.

“Kuvvetli bağı olmak” ile ne demek istiyorum? Talamus kabuğa iki türden bağlantılar göndermektedir: İlki 4. (ya da

3.) katmana, öteki türü ise bu orta katmanları atlayıp daha çok 1. katmana uzanmaktadır. İlk türden olanlar sürücü nitelikte bağlantılar olabilir, ikinci türdekiler ise zaten girmiş olan işaretleri ayarlıyor gibi. Kuvvetle bağlılık ile orta katmanlara giden bu sürücü bağlantılardan söz ediyorum. Bu kısa açıklamada öteki türü bir kenara bırakacağım.

En basit biçimiyle İşlem Önermesi, her bir kabuk bölgesi talamusun tek bir bölümüne kuvvetle bağhdır demektedir. Bu düşünce hiç de yabana atılacak gibi değil. VI kabuk bölgesi, talamusun başka bir bölümüne değil, yalmzca LGN’ye kuvvetle bağlıdır. Marr’m ilk taslağım, ya da benzeri bir şeyi oluşturmak için gereken unsurlar Vl’de bulunmakta. Orada simgelenen bilgiler, görüş alanının küçük bir bölümündeki doğrultu gibi oldukça basit yerel niteliklere karşı gelmektedir. Görsel farkındalığın, Koch ile birlikte ortaya attığımız[12] oldukça kısa ömürlü bir türünün merkezi VI olabilir. Bunun bir dikkat düzeneği gerektirmediğini ileri sürdük. Maymunun dikkatinin Vl’deki nöronların ateşlemesini etkilemediğini gösteren deneyler bunu desteklemektedir.[13]

İşlem Önermesi’nin doğru olup olmadığına karar verebilmek için öteki talamus bağlantılarının ayrıntılarına ilişkin yeterince bilgimiz yok henüz. Her bir kabuk bölgesi (Vl’den öte) yastığın yalnızca tek bir bölgesine mi kuvvetle bağlıdır? Değilse nasıl bağlıdırlar? Bu soruları yanıtlamak için

daha çok deney gerekiyor. Bazı talamus bölgelerinin tam da canlıgörsel farkındalıkla ilgili kabuk bölgeleriyle kuvvetli bağlantıları olması pek mümkün.

Peki ileri sürülen 3Bmodel aşaması için ne denebilir? Burada ne arayacağımızı bile zar zor söyleyebiliriz. Ruhbilimci Irving Biederman böyle bir temsilin "geon" olarak adlandırdığı birtakım ilkel 3B şekiller temelinde kurulduğuna inanmaktadır.[14] Tomaso Poggio gibi bazı kuramcılar ise beynimizde nesnenin bir dizi 2B "görünümleri"ni bulundurduğumuza ve bunların arasını doldurma yeteneğimiz olduğuna inanıyorlar.[15] Bu düşüncelerin her ikisi birden doğru olabilir. Doğruysa bile bütün bunların maymunun beyninde, daha tam olarak nerede olup bittiği belirlenmiş değil. Bu bilgi eksikliği İşlem Önermesi'ni değerlendirmemizi zorlaştırıyor. Başlangıçta çok güzel görünen bu varsayım deneysel belirsizlik batağına saplanmış gibi.

Yine de İşlem Önermesi'nin belli bir çekiciliği var. Bilinçli ve bilinçsiz sözcüklerini birbirinden farklı birçok etkinlikler için kullanıyor olduğumuzu öneriyor. Bunların yerine "işlem birimi" ya da bazı durumlarda "farkındalık birimi" deyimlerini kullanmak gerekebilir. Bu birimlerin her birinin kendine özgü ve genellikle birkaç kabuk bölgesini kapsayan temsil biçimleri bulunmaktadır. Her birinin kendine özgü işlem süresi, kendine özgü çok kısa dönemli bellek süresi (örneğin Vl'de çok kısa, üst görme bölgelerinde daha uzun) ve en önemlisi, kendine özgü temsil biçimi (Vl'de basit nitelikler, bir üst kabuk bölgesinde 21/2 B nesneler, v.b.) vardır. İşlem birimlerin her bir türünün özellikleri ona özgü temsil biçiminin içeriği ve düzenine bağlı olacaktır. Her talamus bölgesinin kendine Özgü bir dikkat biçimi olabilir. Bunu, kendine bağlı kabuk bölgelerindeki nöronları talamus nöronlarıyla konuşturup onların ateşlemesini düzenleyerek yapıyor olabilir. Bir de (on altıncı bölümde anlatılan) spekülasyon denebilecek bir düşünceye göre talamuskabuktalamus devresi çok kısa dönemli bellek için bir salınım devresi olarak iş görüyor olabilir.

Tabii değişik kabuk bölgeleri arasında çok sayıda karmaşık ve Şekil 52'de gösterildiği gibi (talamustan geçmeye gerek kalmaksızın) doğrudan etkileşimler de vardır. İşlem Önermesi nöron etkinliğinin alt işlem

birimlerinden üsttekilere tek yönde akmasını gerektirmez. Elbette birkaç yönde akış olması beklenir.

Bu, talamusun kendi kendine her türlü farkındalık biçimini oluşturacağı anlamına gelmez. farkındalık, talamus kadar, çeşitli kabuk .bölgelerinin de etkinliğini gerektirir, orkestra yöneticisinin müzik üretmek için bir orkestraya gerek duyması gibi.O halde, en azından şunu söyleyebilirim: Görsel farkındalıkla, ya da bilincin başka yönleriyle ilgileniyorsanız, talamusu göz ardı etmemelisiniz. Zavallı LGN'yi bir kenara itip, aman o da yalnızca bir aktarıcı diyebilirsiniz, ama görme sistemi üzerinde çalışan bir öğrenci şunu sormalı: "Yastık ne için orada ola?" Beynin pek de öyle küçücük bir parçası değil, aslında primatların evrimiyle daha da büyümüş. Önemli bir işlevi olmalı, ama ne acaba? İşlem Önermesi, ayrıntılarda bulanık da olsa böyle bir olasılığa işaret ediyor.

Talamusun bilinçte anahtar bir rol oynadığı düşüncesi yeni değil. Çok eskiden Wilder Penfield tarafından Önerilmişti bu. Daha yakın zamanlarda Harvardlı matematikçi David Mumford tarafından öne sürüldü. Oldukça yeni bir yayında ise, James Newman ve Bernard Baars, Baars'ın 2 bölümde kısaca anlatılan düşüncelerini geliştirerek, önerdikleri tümkapsamlı işlem yerine gönderilen bilgilerin talamusun "yapraklariçi çekirdekler" denilen birtakım bölgelerinden geldiğini öne sürüyorlar şimdi. Bu çekirdeklerden biri merkezi çekirdek görme sistemiyle çok yakından ilgilidir. Bu çekirdekler başlıca beynin çizgili cisim denilen önemli bir bölgesine uzanırlar, ama daha az miktarda olmak üzere çok sayıda başka bölgeye de erişirler. Çizgili cisim hareket sistemiyle çok sıkı ilişki içindedir, ama bazı bölümleri, daha zihinsel işlerle ilgili olabilir. Beynin Parkinson hastalığında etkilenen bölümlerinden biridir.

Her bir yapraklariçi çekirdeğin tam olarak ne gibi bir bilgi gönderdiği henüz bilinmiyor.* Newman ve Baars bir de talamusun (onuncu bölümde sözü edilen) ağsı çekirdeğine ağırlık veriyorlar. Bir zamanlar benim spekülasyonda bulunduğum gibi, onun dikkatin kontrolü ile ilgili olduğuna inanıyorlar. Şimdilik ağsı çekirdeklerin talamus üzerinde yeterince seçici bir biçimde etkili olup olamayacağı pek açık değil. Belki de tek işlevi uyku ve uyanma sırasında beynin talamus ve kabuktaki etkinliklerini genel .olarak

denetlemek olabilir. Talamus gerçekten de bilincin anahtarıysa, ağsı çekirdek de bilincin denetlenmesinde bir rol oynuyordur.

Beynin kısaca değinilmesi gereken bir başka bölümü daha var. Bu da özçit denilen[20] ve kabuğun “adacık” olarak adlandırılan bölgesi yakınındaki alt kabuk katmanlarına komşu ince bir nöron tabakasıdır. Kabuğun bir uydusu gibi, çünkü girdilerinin çoğu kabuktan geliyor ve çıkışlarının çoğu da kabuğa geri gidiyor. Çok sayıda kabuk bölgesinden işaretler alıyor ve hepsine birden gönderebiliyor. Kabuğun görme bölgelerinin hepsi değil ama bazısı onun bir bölümüne uzanıyor ve (kedide) tek bir retinotopik izdüşüm oluşturuyor orada. Bu görsel girdi ile özçite gelen başka işaretler bir miktar üstüste biniyor olabilir. Şu son birkaç yıl içinde maymun özçiti ile çok az çalışıldığı için bu söylediklerimde biraz hata olabilir (Örneğin orada *iki* tane görsel izdüşüm olabilir).

İşlevi bilinmiyor. Niçin bunca bilgi tek bir ince tabakada bir araya getirilsin? Özçitin bir çeşit geniş kapsamlı bir işlevi olduğu düşünülebilir, ama bu ne olabilir, hiç kimse bilmiyor. Beynin oldukça küçük bir parçası olsa da tamamen geçiştirilmemeli.

*Merkezi çekirdeğin başlıca görevinin bakışı yönlendirmek olabileceği önerildi.

Pekâlâ işlem birimleri basamaklı bir yapıda olabilir ve bir anlamda bazıları öbürleri üzerinde bir tür genel denetimde bulunuyordur. Kabuğa yaypn biçimde uzanan özçit ve talamusun yaprakláriçi çekirdekleri gibi nöron takımları pekâlâ böyle bir rol oynayabilir.

Bu son iki bölüm gözden geçirildiğinde bir sürü akla uygun düşünce ve gerçekleştirilebilecek deney olduğu görülebilir. Ancak düş kırıklığına yol açan şey, bu kitap yazıldığı sırada, uzaktan da olsa doğru kokan ayrıntılı bir nöron tezini inandırıcı bir biçimde oluşturabilecek bir düşünce takımının olmayışı. Size balta girmemiş bir ormanda yönümü bilmeden dolaşıyor gibi görünebilirim, çok haklısınız. Araştırmanın ön saflarında işler çoğu zaman böyle gidiyor. Ama şimdi anahtar soruların ne olduğunu on yıl öncesine göre çok daha iyi anladığımı hissediyorum. Zaman zaman bazı yanıtlan da görebildiğime kendimi bile ikna edebiliyorum, ama bu tek bir sorun üzerinde uzun süre çalışanlarda sık görülen bir yanılma olayıdır. Önümüzde

uzun ve zorlu bir yol olsa da, daha yukarılara çıkmalıyız ki, araştırmayı ne yönde sürdüreceğimizi görebilelim.

Böylesi belirsizliklere karşın, elimizdeki oldukça farklı verileri ve spekülasyonlan değerlendirerek, geçici de olsa, önümüzdeki ormanda bize kabaca yol gösterecek genel bir taslak harita çıkanlabilir mi? İhtiyatı elden bırakıp böyle olası bir modelin ana hatlarını çizeyim. Gerçek bu modelden daha karmaşık olabilir, ama daha basit olamaz.

Bilinç belli birtakım nöron etkinlikleriyle bağlantılıdır. Akla uygun bir model, bu etkinliğin daha çok alt kabuk katmanlarında (5. ve 6.) yer aldığı düşüncesiyle başlayabilir. Bu etkinlik öbür kabuk katmanlarındaki “hesapların” yerel (geçici) sonuçlarım göstermektedir.

Alt kabuk katmanlarındaki nöronların hepsi bilince yönelik olmayabilir. En olası türler 5. katmandaki “patlamalıateşleyen” büyük piramit hücreleri gibi kabuk sisteminden doğrudan dışarı uzananlardır.

Bu özel altkatman etkinliği belli bir biçimde çok kısa dönemli bellek tarafından sürdürülmedikçe bilince erişemeye çektir. Bunun 6. kabuk bölgesinden talamusa ve oradan 4. ve 6. kabuk bölgesine geri dönen etkin bir salınım devresi gerektirdiği akla yatkındır. Bu yoksa, ya da 4. katman çok küçükse, bu salınmalar sürdürülemez. Bu nedenle her kabuk bölgesi bilinç gösteremez.

Bir işlem birimi (ancak bazıları bilinçle bağlantılıdır) görme merdiveninin aynı basamağında bulunan ve birbirlerinin 4. katmanına uzanan kabuk bölgeleri takımından* oluşur.. Böyle kabuk bölgesi takımlarının her birinin talamusta tek bir küçük bölgeyle sıkı bağlantısı vardır. Bu bölge de ona bağlı kabuk bölgelerinin ateşlemelerini eşzamanlı kılarak onların etkinliklerini düzene sokar.

Talamus dikkat düzenekleri ile çok yakından ilişkilidir. Özel bağlanmalar, nesneleri belirleme gibi işlemlerde gerektiğinde (özellikle şekil/zemin ayırt edilmesinde) düzenli ateşleme biçiminde ortaya çıkar, çoğu kez 40 Hertz dolaylarında ritimler göstererek.

Bilinçle ilgili bölgeler, doğrudan olmasa da, istemli hareket sisteminin parçaları üzerinde etkide bulunurlar (Arada bilinçsiz işlemler "düşünceler" olabilir).

Yineleyeyim: Bilinç kritik bir biçimde talamuskabuk bağlantılarına dayanır. Ancak belli kabuk bölgelerinin 4. ve 6. katmanlarında önemli ölçüde salınım üretecek miktarda uzanımlarda bulunan salınım devreleri varsa olanaklıdır.

Alın size akla uygun bir model. Umarım kimse buna Crick'in (ya da CrickKoch) Bilinç Kuramı demeye kalkışmaz. Bunu yazarken aklıma bir sürü çekinceler, sınırlamalar gelmekteydi. Başka biri ortaya atsaydı bunu hiç duraksamadan iskambil kâğıdından yapılmış diye saldırırdım. Dokununca yıkılıverecek. Böyle, çünkü parçalarına destek olacak yeterince kritik deneysel bulgudan yoksun olarak çatılmış. Bir tek yararı, bilimcileri ve feylesofları bu sorunları nöronlar cinsinden düşünmeye iterek bilince deneysel yönden saldırıya geçmeyi hızlandırmak olabilir.

Peki başka felsefi sorular ne olacak? Büincin sinirsel temeli iyice anlaşıldığında elimizdeki bilgilerin yanıtlar getireceğine inanıyorum şu iki ana soruya: Bilincin genel yapısı nedir, ki hayvanlarda ve de bilgisayarlar gibi insan yapısımakinelerde bilincin doğası konusunda akılcı biçimde konuşabilelim? Bilinç bir organizmaya basıl bir yarar sağlıyor, ki niçin evrimleştiğini anlayalım? Görsel farkındalığın, içinde bulundurduğu bilginin beyinde ayrı yerlere gönderilmesi gerektiği için geliştiği ortaya çıkabilir. Bu bilgiyi çok sayıda ayrı koşut yoldan üstü kapalı bir biçimde aktarmak yerine bir defada açık olarak ortaya koymak daha verimli olabilir. Görsel sahnenin tek bir açık biçimini bulundurmak beynin değişik parçalarının bunun oldukça değişik yorumlarını yapmaktan alıkoyabilir. O halde, bilginin yalmzca tek bir yere gitmesi gerekiyorsa deneyim sayesinde bilinci işe karıştırmadan oraya gönderilebilir.

*Bazı takımların tek bir üyesi vardır, VI durumunda olduğu gibi.

Bize zor ve hatta olanaksız gelebilecek şey, bilincin öznel doğasmmm ayrıntılarını bulmak olacaktır, çünkü bunlar her bilinçli organizmanın kullandığı simgeleme yöntemine bağlı olacaklardır. Bu simgelemeyi bir

organizmadan ötekine doğrudan aktarmak olanaksız olabilir; belki iki beyni birbirine yeterince kesin ve ayrıntılı bir biçimde bağlayabilirsek olabilir ancak bunu yapabilsek bile başka sorunlar çıkacaktır. Ama önce bilincin sinirsel karşılığı anlaşılmadan bu soruların hiçbirine düşünceli insanların hepsinin kabnl edecekleri yanıtlar verilebileceğine inanmıyorum.

Beyin ve özelde görme üzerine çalışmayı sürdüren bilimcilerin çoğunun takındığı tutucu tavır deneysel saldırıyı geciktirebilir. Özelliklere onlara bir çift sözüm var.

Üzerinde durmadığım ya da şöyle bir geçiştirdiğim çok sayıda karmaşık konuyu onlar açıkça göreceklerdir. Bu hataları ve geçiştirmeleri bu kitabın üst düzeydeki anafikriyle yüzleşmekten kaçınmak için bir bahane olarak ortaya atmamaklar. Görmeye ilişkin bir konunun belli bir dar ayrmtısıüzerinde çalışırken, artık görmezlikten gelemezsiniz bu geniş kapsamlı soruyu: Beyinde görmemizi sağlayan şey nedir? Sıradan bir kişi böyle bir tavrı aşın dar kafalılık olarak nitelendırecektir ve haklıdır da. Göstermeye çalıştığım gibi, görsel farkındalık sorununa hem deneysel hem de kuramsal açıdan yaklaşabiliyoruz şimdi. Üstelik, soranla etkin bir biçimde yüzleşmekle, değişik yaklaşımlar bulunabilmektedir; daha önce ilişkisiz ya da çok az ilgili görülen bilgilerin (örneğin zamanla değişen parametreler ya da kısa dönemli bellek) peşinde koşmak gibi. Umuyorum ki fazla zaman geçmeden insan ve öteki omurgalıların görme sistemleri üzerinde çalışılan her laboratuvarın duvarında büyükçe bir posterin üzerinde şu yazı okunacaktır:

BİLİNÇ

ŞİMDİ

XVIII. Bölüm

Dr. Crick’ten Pazar Vaazı

Bir insan olarak bizim için gerçekten en önemli şey, içinde duyumsal deneyimlerimiz, duygularımız, düşüncelerimiz ve istemli seçimlerimizin bulunduğu kendi öznel içyaşantımızdır.

Benjamin Libet

Sorunun nerede olduğunu belirlemenin zamanı geldi. Görme sisteminin ne denli karmaşık olduğunu ve görsel bilginin yalnızca kısmen bilebildiğimiz yarıbasamaklı bir yapıda işlendiğini gördük. Görsel farkındalığın sinirsel temeline ilişkin birkaç düşünceyi kabaca anlattım ve bunun düzeneklerini çözmeye yardım edebilecek birkaç deneyi ana hat1 arıyla verdim. Gayet açık ki problemi çözmüş değiliz, peki ne elde ettik?

Christof Koch ile yapmaya çalıştığımız, insanları ve özellikle beyinle ilgilenen bilimcileri artık bilinç sorununu ciddiye almanın zamanının geldiğine ikna etmek. Sanıyoruz ki önerilerimizin ayrıntılarından çok genel yaklaşımımız yararlı bulunacaktır. Bu kitapta tartışılan spekülasyonlar ise üzerinde enine boyuna çalışılmış tutarlı bir düşünce demeti oluşturmaktan çok, sürmekte olan bir çalışmamn yan ürünleridir. Bilinci doğru olarak kavramsallaştırmanın yolunun bulunduğuna inanmıyorum; el yordamıyla o yönde ilerlemekteyiz. işte bu nedenle deneysel bulgular önemlidir. Yeni sonuçlar hem yeni düşünceler önerebilir, hem de eski inançların hataları konusunda bizi uyarabilir.

Felsefeciler soruna daha iyi bakış yollan aramakta ve bugünkü düşüncenin yanılgılarım ortaya koymakta haklılar. Ancak onların da pek ilerlememiş olmalarının nedeni sisteme dışarıdan bakıyor olmaları. Bundan dolayı yanlış bir dil kullanıyorlar. Nöronlar bağlamında, hem iç bileşenler hem de beklenmedik biçimde karışık etkileşimler açısından gerekli. Eninde sonunda beynin nasıl çalıştığını gerçek anlamda öğrendiğimizde, algılarımız, düşüncelerimiz ve davranışlarımızın üst düzeyde yaklaşık bir açıklamasını yapabileceğiz. Bu da beynimizin tamamının işleyişini daha doğru ve tutarlı biçimde kavramamıza yardım edecek ve bugünkü bulanık popüler düşünceleri söküp atacak.

Pek çok felsefeci ve ruhbilimci nöronlar hakkında düşünmek için henüz çok erken olduğuna inanıyorlar. Oysa durum tam tersi. Beynin gerçekten nasıl çalıştığını yalnızca kara kutu yaklaşımıyla tanımlamaya çabalamak

için çok erken, özellikle bu bilinen sözcüklerin diliyle ya da sayısal programlı bilgisayarların diliyle ortaya konuyorsa. Beynin dilinin temeli nöronlardır. Beyni anlamak için nöronları ve özellikle korkunç sayıda nöronun hep birlikte nasıl çalıştıklarım anlamalısınız.

Okuyucu bunların hepsini kabul edebilir ama bilinç konusu çevresinde sağlam gerçeklere değil de daha çok spekülasyonlara dayanarak dansettiğimden ve uzun dönemde en zorlu bilmeceden kaçtığımdan pekâlâ şikayet edebilir. “Ussal nitelikler” kırmızının kırmızılığı konusunda hemen hiçbir şey söylemedim, bir kenara itip çözümün geleceğini ummak dışında. Kısacası, Şaşırtan Varsayım niye öyle şaşkınlık uyandırıyor? İnsanların, farkındalığı nöronlar cinsinden düşünmelerini böyle zor kılan bir şey var mı beynin yapısı ve işleyişinde?

Sanırım var. Tek bir algı anında, bir anda müthiş miktarda bilgiyi işleyen karışık makinenin beynin genel işleyişini anlattım. Bu zengin bilgi yumağının içeriğinin çoğu sürekli değişmekte de olsa bu makine ne yapmakta olduğunu değişik biçimlerde kaydetmeyi beceriyor (kendi içgözlemimizin sağladığı çok sınırlı deneyim dışında) tüm bu niteliklere sahip bir makine bilmiyoruz, bu nedenle içgözlemlerin sonuçlarını tuhaf bulmamız şaşırtmamalı. JohnsonLaird de bu noktaya parmak basmıştı (on dördüncü bölümdeki alıntıya bakın). Bu şaşırtıcı özellikleri olan makineleri yapabilşeydik ve tam olarak nasıl çalıştıklarını izleyebilseydik insan beyninin işleyişini de kavramamız kolaylaşırdı. DNA, RNA ve proteinlerin yeteneklerini öğrendiğimizde embriyolojinin gizemli yanlarının büyük ölçüde ortadan kalktığı gibi, bilincin de gizemli yanları yok olurdu.

Buradan şu soru akla geliyor: Gelecekte böylesi makineleri yapabilecek miyiz, yapabilirsek bilinçleri varmış gibi görünecekler mi? Uzun dönemde bunun olabileceğine inanıyorum, ama aşılamaz teknik sınırlamalar ortaya çıkabilir. Yakın bir gelecekte kurabileceğimiz makineler insan beyniyle karşılaştırıldığında çok basit olacaktır sanırım. Bu nedenle yalnızca çok sınırlı biçimde bir bilince sahip görünmeleri olasıdır. Belki bir kurbağa beyni hatta zavallı bir meyve sineğinin beyni gibi olabilir. Bizi bilinçli kılan şeyin ne olduğunu bilmeden uygun yapay makineyi tasarlayabilmemiz ya da daha alt düzeydeki hayvanların bilincine ilişkin sağlam vargılara ulaşabilmemiz olası değil.

Şaşırtan Varsayım'ın bir varsayım olduğunu vurgulamak önemli. Bildiklerimiz onun akla uygun olduğunu söylememiz için yeterli kesinlikle, ama bilimin özellikle fizik ve kimyadaki gibi dünyanın doğasına ilişkin çoğu yeni düşünceye getirdiği türden bir kesinlik için yeterli değil. İnsanın doğasına ilişkin başka varsayımlar, özellikle dinsel inançlardan kaynaklananlar, çok daha zayıf kanıtlara dayanıyor, ama bu kendi başına onlara karşı ileri sürülecek kuvvetli bir sav değil. Ne kadar sınırlı da olsa ancak uzun dönemde getirilebilecek bilimsel kesinlik bizi atalarımızın hurafelerinden kurtarabilir.

Eleştirel bakan biri, bilimciler ne derlerse desinler aslında Şaşırtan Varsayım'a inanıyorlar diye iddia edebilir. Bu dar bir anlamda doğrudur. Yol gösteren bir ön fikriniz yoksa zorlu bir bilimsel araştırma programında başarıyla ilerleyemezsiniz. Bu düşüncelere sözcüğün geniş anlamında "inanıyorsunuz"dur. Ama bilimci için bunlar yalnızca geçici inançlardır. Bunlara kör bir bağlılık taşımaz. Tam tersine, zaman zaman, el üstünde tuttuğu düşüncelerinin aksini kanıtlayarak gerçek bir ilerleme sağlayabileceğini bilir. Bilimcilerin, bilimsel açıklamaları yeğleme yönünde bir önyargıları olduğunu yadsıyamam. Bu yalnızca onların morallerini pekiştirdiği için değil, geçen birkaç yüzyılda bilim muazzam bir başarı sağladığı için de haklıdır.

Üzerinde durulması gereken bir şey de bilinci araştırmanın bilimsel bir problem olduğudur. Bilim ondan aşılması olanaksız bir engelle ayrılmış değildir. Bu kitaptan edinilecek bir ders varsa o da şimdi bu probleme deneysel yaklaşım yollarım görebildiğimizdir. Yalnızca felsefecilerin bu sorunla uğraşabileceği görüşünün hiçbir dayanağı yoktur.* Felsefecilerin son iki bin yıldaki başarı çizgisi öyle kötü ki genellikle takındıkları o yukarıdan bakan kibirli tavır yerine biraz alçakgönüllülük gösterseler daha iyi ederler. Beynin çalışmasına ilişkin bu denemelik düşüncelerimizi daha açıklığa kavuşturmak ve genişletmek gerekecek elbette. Umarım daha çok sayıda felsefeci beyne ilişkin yeterince bilgi edinip nasıl çalıştığı konusunda düşünceler üretirler; ancak bilimsel bulgular karşısında sevdikleri kuramları terketmeyi de öğrenmeliler, yoksa gülünç olmaktan başka bir yere varamazlar.

Geçmişte dini inançların bilimsel olayları açıklamadaki başarısı o kadar zayıf olmuştur ki geleneksel dinlerin gelecekte daha iyi sonuç elde edeceğine inanmak için pek bir neden yok. Bilincin, ussal nitelikler gibi, bilimin açı kİ ay anlayabileceği bazı yanları kalabilir elbette. Geçmişte bu tür eksikliklerle (örneğin kuantum mekaniğinin sınırlılığı) yaşamayı öğrendik, ileride de böyle idare edebiliriz. Geleneksel dini inançları kucaklamaya itileceğiz anlamına gelmemeli bu. Yaygın dinlerin inançlarımn çoğu birbirleriyle çelişmekle kalmayıp, bilimsel ölçütler uygulandığında o kadar çürük tanıtlara dayanıyorlar ki ancak kör bir imanla kabul edilebilir durumdadırlar. Bir kiliseye bağlı kişiler ölümden sonraki yaşama inanıyorlar ise bunu saptamak için sağlam deneyler yapmıyorlar? Başaramayabilirler ama en azından deneyebilirler. Tarih kilisenin yalnızca kendilerinin açıklayabileceği gizemlerin (dünyanın yaşı gibi) yoğun bir bilimsel saldırı karşısında yok olduğunu gösterdi. Üstelik doğru yanıtların geleneksel dinlerin söylediğiyle uzaktan yakından bir ilişkisi olmadığı ortaya çıktı. Vahiyle inen dinlerin vahyettikleri bir şey varsa o da genellikle yanlıştır. Bilinç sorununa bilimsel saldırı için davamız son derece kuvvetli. Emin olmadığımız şeyler yalmzca bunun nasıl ve ne zaman yapılacağı. Benim uyarım buna hemen şimdi başlamamız yönünde.

*Pek nazik olmayan bir deyişe göre felsefeci, sanal deneyleri gerçek deneylere yeğleyen ve bir olguyu gündelik sözcüklerle anlatmanın yeterli olduğunu düşünen kişidir.

Doğal olarak Şaşırtan Varsayım’m akla çok uygun bulan ve bundan dolayı şaşırtan denmemesi gerektiğine inanan eğitimli kişiler de var. Buna ilk bölümde kısaca değindim. Sanırım bu kişiler çoğu kez bu varsayımın gerektirdiklerini görmemiş oluyorlar. Ben kendim bile homunkulus düşüncesinden kaçınmakta zorluk çekiyorum. İnsan ne kadar çabuk kayıveriyor o yöne. Şaşırtan Varsayım beynin davranışının her yanıyla'nöronların etkinliğinden kaynaklandığını belirtiyor. Görsel işlemlerin bütün çeşitli karmaşık aşamalarını nöronlar söyleminde açıklayıp sonra görme eyleminin bir yanının açıklanmasına gerek olmadığı, çünkü onun “ben” tarafından doğal olarak yerine getirildiği biçiminde dikkatsizce bir varsayımda bulunmak olmaz. Örneğin, beyninizde bir bozukluk olduğunun farkına varamazsınız, ateşlemeleri bu bozukluğu simgeleyen nöronlar olmadıkça. Bu bozukluğu nöron ateşlemesinden bağımsız olarak tanıyabilecek ayrı bir “ben” yoktur. Aym biçimde, normal olarak birşeyin

beyninizin neresinde olup bittiğini bilemezsiniz, çünkü ateşlemeleri bunun ya da beyninizdeki öteki nöronların nerede olduğunu simgeleyen nöronlar bulunmamaktadır.

Okuyucularımın çoğu, haklı olarak, bu kitapta tartışılanların kendi bildikleri anlamda insan ruhu ile bağlantısının çok az olduğu yolunda şikayette bulunacaklar. Ne insani yetilere (dil gibi) ne de nasıl matematikle uğraştığımıza, ya da genel olarak problem çözdüğümüze ilişkin birşey söyledim. Görme sistemi konusunda bile ne görsel imgelemeden, ne de resimlere, heykellere, mimariye, vb karşı estetik tepkilerimizden pek söz ettim. Doğa ile etkileşimimiz den aldığımız gerçek hazza ilişkin tek bir sözcük bile etmedim. Özfarkındalık, (alışılagelmiş açıklamaları yanlış da olsa yeterince gerçek olan) dini duygular» hele aşık olmak gibi konuları tamamıyla göz ardı ettim. Dini bütün bir insan onun için hayatta en önemli şeyin Allah'la olan ilişkisi olduğunu iddia edebilir. Bilim bu konuda ne diyor bakalım?

Böyle eleştiriler şu an için gayet geçerli ama onları bu bağlamda sunmak bilimsel yöntemleri tanımamak demek olur. Koch ve ben görme sistemini konu edindik, çünkü seçenekler arasında deneysel saldırı önünde en kolay dize gelebilecek olanı olduğunu hissettik. Bu kitap böyle bir saldırının kolay olmasa da bir ölçüde başarı şansı olduğunu açıkça gösteriyor. Bir başka varsayımımız da görme sistemini tamamıyla anladığımızda "ruh"un daha hayranlık uyandırıcı yanlarını incelemenin çok daha kolaylaşacağıydı. Bu yargıların doğru olup olmadığını ancak zaman gösterecek. Yeni yöntemler ve yeni düşünceler başka yaklaşımları daha çekici kılabilir. Bilimin hedefi, müzikçilerin, matemetikçilerin, mistiklerin, hepimizin beyninin davranışını tümüyle açıklamaktır. Bunun hemencecik olmasının mümkün olmadığını teslim ediyorum. Ama amansız bir saldırıyı başlatırsak bu düzeye bir gün, belki de yirmi birinci yüzyılda bir zaman ulaşabileceğimize inanıyorum. Ne kadar çabuk başlarsak doğamızın aslım net bir biçimde anlamaya doğru o denli çabuk gideriz.

*   *   *

Elbette kafalarının nasıl çalıştığım bilmek istemediklerini söyleyenler de var. Onlar Doğa'yı anlamanın O'nu küçülteceğine inanıyorlar, buna

neden olarak da bizi etkileyen ama hakkında çok az şey bildiğimiz şeylere karşı duyduğumuz doğal hayranlığı ve gizemi yoketmesini gösteriyorlar. Onlar, bugünün bilimiyle açıkça çelişse de geçmişin mitlerini yeğliyorlar. Ben bu görüşe katılmıyorum. Bana Öyle geliyor ki, eskilerin yerküre merkezli dünyası, modern çağda bildiğimiz, atalarımızın hayal edebileceğinden çok daha eski, çok daha büyük ve başdöndürücü hızla dönen nötron yıldızları gibi umulmadık harika nesnelerle dolu bu evren yanında küçücük, taşralı bir görünümde kalıyor. Yeni bilgiler hayranlık duygumuzu azaltmayıp ölçülemeyecek denli artırdı. Mezmur yazarı dedi; ki "Korkunç ve fevkalade yaratıldım." Bununla molekül yapımızın incelikli karmaşık doğasına aneşk dolaylı bir gönderme yapabiliyor. Evrim sürecinin 'yarattığı harikalar hakkında uygar atalarımızın en ufak bir bilgisi yoktu. DNA kopyalama düzeneği, temelinde inanılmaz basit ve mükemmel olmakla birlikte, evrim ile müthiş bir karmaşıklık ve doğruluğa erişmiştir. Bunu okuyup olağanüstülüğünü hissedemeyenin ruhu çok donuk olsa gerek. Davranışlarımızın birbirleriyle etkileşen sayısız da nörona dayandığını söylemek kendimizi küçük düşürmez; çok daha yüceltir.

Bir dini lidere tek bir nöronun büyükçe bir çizimi gösterildiğinde, "Haa, demek beyin böyleymiş!" dediği söylenir. Ne kadar incelikli ve iyi örgütlü bir molekül makinesi olarak harika bir şey de olsa bizi temsil eden o tek nöron değil. Bizi gerçekten tanımlayan, onların milyarlarcasmın ayrıntıda her birimizde farklı bağlantılar oluşturarak, karmaşık ve sürekli değişim içinde etkileşimleridir. İnsan davranışını gündelik tanımlamakta kullandığımız o kısaltılmış, yaklaşık konuşma dili gerçek özümüzün ancak titrek bir karikatürü olabilir. Shakespeare "İnsan ne müthiş bir yapıt" demiş. Bugün yaşasaydı bize bu harikulade buluşları kutlamak için acilen gereken şiiri yazabilirdi.

Şaşırtan Varsayım, doğru olduğu belirlense de, insanların kendilerine ve dünyaya tutarlı bakma gereksinimini karşılayacak ve hayal güçlerine hitap edecek biçimde ve insanların kolayca anlayabilecekleri deyimlerle tanıtılmadıkça evrensel kabul görmeyecektir. Bilim tam da böyle bir birleşik görüşü hedeflediği halde pek çok insanın bugünkü bilimsel bilgimizi insanlıktan çok uzak ve anlaşılması çok güç bulması ne. tuhaftır.

Bu şaşırtıcı değil, çünkü bu bilginin çoğu, insanların çoğunun gündelik yaşantısından uzakta, fizik, kimya ve buna bağlı dallarda toplanmıştır. Gelecekte bu değişebilir. Önsezi, yaratıcılık, estetik zevk gibi ussal etkinliklerin işleyişini daha kesin anlamayı ve bunu yaparken onları daha bilerek kavrayıp daha derin bir haz alacağımızı umabiliriz. Özgür İrade (Eksöze bakınız) artık bir sır olmaktan çıkabilir. İşte bu nedenle varsayımımızdaki başka bir şey sözcüklerini çok basit yorumlamak yanıltıcı olabilir. Şaşkınlığımız ve takdirimiz, beynimizin bugün ancak ucundan görebildiğimiz harika karmaşıklığının iç yüzünü kavramamızdan kaynaklanacak.

İnsani değerleri yalnızca bilimsel gerçeklerden çıkarıyor olmasak da, bilimsel bilginin (ya da bilimsel olmayan bilginin) değerlerimizi oluşturmamızda etkisi yokmuş gibi davranmak abestir. Yeni bir Dünya Düzeni kurmak için hem ilhama hem de düşgücüne gerek var, ama hatalı temeller üzerine kurulan hayaller uzun dönemde tatmin edici olamayacaktır. Ne kadar düş kurarsak kuralım gerçek durmaksızm kapıyı çalmaktadır. Algılanan gerçek, beynimizin bir kurgusu bile olsa, gerçek dünyayla tutarsızlık gösteriyorsa eninde sonunda bıkarız ondan.

Bilimsel gerçekler yeterince etkileyici ve sağlamsa ve Şaşırtan Varsayım’ı destekliyorlarsa, o zaman insanın vücudu dışında bir ruhu bulunmasının, eski Yaşam Gücü düşüncesi kadar gereksiz olduğunu savunmak mümkün olacaktır. Bu, bugün yaşamakta olan milyarlarca insanın dini inançlarına kafadan tos vurmaktadır. Böyle kökten bir karşı çıkış nasıl karşılanacaktır?

İnsanların çoğunun deneysel bulgulardan ikna olup hemen görüşlerini değiştireceklerine inanmak ne kadar rahat olurdu. Maalesef tarih bunun tersini gösteriyor. Yerkürenin yaşının artık hiçbir mantıklı şüpheye yer bırakmayacak biçimde saptanmış olmasına karşın ABD’de milyonlarca Köktendinci, Hıristiyan İncilinin kelimesi kelimesine okunmasından çıkardıkları bir görüşe göre, bu yaşın çok az olduğu gibi çocukça bir iddiayı hâlâ inatla savunmaktalar. Ayrıca uzun zamanda bitkilerin ve hayvanların evrimleşip büyük değişimler geçirdiği de aynı ölçüde kesinlikle belirlenmiş olmasına karşın, bunu da yadsıyorlar genellikle. Doğal ayıklanma sürecine

ilişkin söyleyeceklerinin de tarafsız olması beklenmez, çünkü görüşleri dini dogmalara körükörüne bağcılıkla önceden belirlenmiştir.

Çöpe atılmış düşüncelere keçi inadıyla sarılmanın altında birkaç neden varmış gibi geliyor bana. Bize ilk yaşlarda verilen genel düşünceler, özellikle ahlâki olanlar, beynimizin derinliklerine yerleşiyor. Bu dini inançların kuşaktan kuşağa nasıl aktarıldığım açıklamaya yardım edebilir, ama böylesi düşünceler ilkin nereden çıkıyor ve neden çoğu sonunda yanlış çıkıyor?

Bir etmen, kendimizin ve dünyanın doğasına ilişkin genel açıklamalara olan çok temel gereksinimimizdir. Çeşitli dinler böyle açıklamaları, ortalama insana kolayca hitap edebilecek deyimlerle getiriyorlar. Unutulmamalı ki beynimiz, büyük ölçüde, insanların avcıtoplayıcı olduğu dönemlerde gelişti. Küçük insan takımları içinde işbirliği ve komşu rakip kabilelerle düşmanlık için kuvvetli bir seçici baskı vardı. Bu yüzyılda bile Amazon ormanlarında, Ekvador'un ücra köşelerindeki rakip kabilelerde en başta gelen ölüm nedeni,, düşman kabile üyelerinin mızraklarının açtığı yaralardır. Böylesi koşullarda ortak genel inançlar kabile üyeleri arasındaki bağlılığı kuvvetlendirmektedir. Bunlara olan gereksinim evrim sonucu beynimizde yer etmiş olabilir pekâlâ. Bu yüksek gelişmeyi sağlamış olan beynimiz, hiç de bilimsel gerçeklikleri bulma baskısı altında değil, yalnızca yaşamı sürdürmeye ve ardıllar bırakmaya yetecek kadar becerikli olmayı sağlamak üzere evrim geçirmiştir.

Bu noktadan bakıldığında bu ortak inançların tamamıyla doğru olmalarına gerek yoktur, insanların bunlara inanmaları yeterlidir. İnsan yeteneklerinin en belirgin olanı karmaşık bir dili akıcı biçimde kullanabilmemizdir. Yalnızca dış dünyadaki nesneleri ve olayları değil aynı zamanda daha soyut kavramları belirleyecek sözcükler kullanabiliyoruz. Bu yetenek insanın çok az sözü edilen bir başka çarpıcı özelliğine götürüyor: kendimizi aldatmak için sınırsız bir yeti. Eldeki sınırlı bulgunun en uygun yorumunu çıkarmak üzere evrimleşmiş beynimizin doğasının ta kendisi, bilimsel araştırmanın disiplini yoksa, özellikle oldukça soyut konularda çoğu kez yanlış vargılara sıçramayı neredeyse kaçınılmaz kılmaktadır.

Bütün bunlar nereye varacak bakalım. Şaşırtan Varsayımın doğruluğu kanıtlanabilir. Ya da olay bir başka yönde gelişerek dine yakın bir görüş

daha akla uygun bulunabilir. Her zaman bir üçüncü şık var: bulgular zihinbeyin sorununa, bugün çoğu sinirbilimcinin oldukça kaba maddeci görüşünden ve de dini görüşten de önemli ölçüde farklı yeni bir alternatif bakışı destekleyebilir. Yalnızca zaman ve daha çok bilimsel çaba bu kararı vermemizi sağlayacak. Yanıt ne olursa olsun buna ulaşmak için tek akılcı yol ayrıntılı bilimsel araştırmadan geçmektedir. Başka yaklaşımların bepsi de karanlıkta kendini yüreklendirmek için ıslık çalmaktan öte bir şey değildir. İnsana dünyaya ilişkin bitip tükenmeyen bir merak bahşedilmiştir. Gelenek ve göreneklerin çekiciliği, dünün tahminlerinin geçerliliğine ilişkin kuşkularımızı ne kadar bastırırsa bastırsın, bunlarla sonsuza dek hoşnut kalamayız. Yalnızca içinde yaşadığımız bu uçsuz bucaksız evrenin değil, ta kendimizin de açık ve doğru bir resmini elde edinceye dek çekici sallamayı sürdürmeliyiz.

Özgür İrade Üzerine Bir Ek Söz

Bilinç, bilgilendiren İrade, ...

Thomas Hardy

Özgür irade, çoğu yönüyle biç miktar modası geçmiş bir konu. Çoğu insana baştan beri varmış gibi gelir, çünkü insanlar genelbkle diledikleri gibi bareket edebildiklerini hissederler. Yasacılar ve dinbilimciler özgür irade konusunu hâlâ ele alabiliyorlar, ama feylesofların büyük bir bölümü bu konuyla ilgilenmeyi bırakmışlardır. Ruhbilimciler ve sinirbilimciler ise hiç ağızlarına almaz olmuşlardır. Ancak kuantum bebrsizliğiyle ilgilenen birkaç fizikçi ve öteki bilimciler bazen Özgür Irade'nin temelinde belirsizlik ilkesi mi yatıyor diye merak ederler.

Ben kendim de, kırklı yılların sonuna doğru Cambridge'de tanıştığım Arjantinli biyokimyacı arkadaşım Luis Rinaldini'den 1986'da bir mektup alana dek Özgür İrade'ye pek dikkat etmemiştim. Luis ve karısı şimdi Arjantin'de And dağları eteklerinde Mendoza denilen bir taşra kentinde yaşıyorlar. ABD'ye bir ziyareti sırasında niyetim onunla görüşüp bazı düşüncelerine ilişkin sohbet etmekti. Ne w York'ta bir araya geldiğimizde birtakım arkadaşlarıyla Mendoza'da bir tartışma grubu kurduğunu ve Özgür

İrade konusuyla ilgilendiğini söyledi. Ardından da bu konuyla ilgili ayrıntılı bir mektup yazdı.

O noktaya dek Özgür İrade üzerine kendime özgü bir kuramım olduğundan habersizdim, ama mektubundan onun düşüncelerinin benimkinden bir miktar farklı olduğunu görebildim. Hemen oturup kısaca keşfettiğim bu inancımı yazdım ve ona gönderdim. Yazdığım topu topu otuz satır bile değildi. Mektubu, biraz da tamamıyla aptal olmadığım konusunda güvence alabilmek için felsefeci Patricia Kirkland’a gösterdim. Düşüncelerimin akima yattığını belirterek anlatımımı açıklığa kavuşturmaya yardım etti ve fazladan bir nokta daha ekledi. Bu bölümün geri kalanında Luis’e yazdığımı az genişletilmiş olarak bulacaksınız.

İlk varsayımım insan beyninin bir parçasının gelecekteki eylemler için planlar yapmakla görevli olduğuydu. Beyindeki bu yerin planları yerine getirmekle ilgilenmesi gerekmiyordu. Bir de kişinin bilincinde olduğunu varsaydım bu planların, yani en azından hemen akla getirilebilmeliydi.

İkinci varsayımım, kişinin beynin bu parçasında yapılan “hesaplamalar”m bilincinde olmadığıydı, ancak yalmzca verdiği “karar”larm yani planların bilincinde olabilirdi. Elbette bu hesaplar beynin o parçasının (kısmen erkenkalıtımm, kısmen de geçmiş deneyimlerin oluşturduğu) yapısına ve beynin öteki parçalarmdan gelen girdilere bağlı olacaktır.

Üçüncü varsayımım ise şu ya da bu planı uygulama kararında da yukarıdaki sınırlamaların geçerli olduğuydu. Bir başka deyişle kişi verilen kararı hemen aklına getirebilir ama bu kararı vermeyi sağlayan hesapları bilemez, eyleme geçme planının farkında olsa bile.*

O halde, böyle bir makine (mektubumda kullandığım sözcük buydu) kendisine Özgür İradesi varmış gibi görünecektir, eğer davranışını kişilendirebiliyorsa yani "kendisinin görünümüne sahipse.

Kararın asıl nedeni açıkça belli olabilir (Pat’in eklemesi), ya da kaos niteliğinde yani küçücük değişikliklerin sonuçta büyük farklılıklara yol açabildiği biçimde belirlenmiş olabilir. Bu, İradeye özgür görünümü verecektir, çünkü ortaya çıkan şeyin temelde öngörülmesi mümkün değildir.

Elbette bilinçli etkinlikler de karar verme düzeneğini etkileyebilir (yine Pat’in eklemesi).

Böyle bir makine (içgözlem kullanarak) niçin belli bir seçimde bulunduğunu kendi kendine açıklamaya çalışabilir. Bunda bazen doğru yere varabilir. Bazen de ya bilemez, ya da daha büyük bir olasılıkla, uydurur, çünkü seçimin “neden”ine ilişkin bilinçli bir bilgisi yoktur. Buradan bir uydurma düzeneği olması gerektiğini çıkarabiliriz. Yanıltıcı da olsa belli bir miktar bulgu verildiğinde beynin o parçası en basit vargıya atlar. Daha önce gördüğümüz gibi bu gayet kolay olabilmektedir.

* Profesör Piergiorgio Odifreddi, verilen kararlar ve ortaya çıkan davranış arasında bir tutarlılık olduğunun da varsayılmağı gerektiğine işaret etti

İşte benim Özgür İrade Kuramım bu kadardı. Açıktır ki, bilincin ne olduğuna (bu kitabın ana konusu), beynin nasıl plan yaptığına (ve bunları nasıl yerine getirdiğine), nasıl uydurduğumuza, vb. bağlıdır bu. Bunun herhangi bir yenilik getirdiğinden kuşkuluyum, ancak daha önceki açıklamalar bu ayrıntıların bazılarını içermemiş olabilir.

* * *

Tam da gönül rahatlığıyla konuyu kapatabilirim derken Ne w York’ta Luis’e rastladım, sonra da o Kaliforniya’da La Jolla’ya ziyarete geldi beni. Bu problemi (Patricia Chureland’ın kocası) Paul ile de tartışma fırsatı buldu. Bu konu üzerinde daha fazla durmak istemiyordum ama bir kez merakım uyandı ya, zaman zaman bunu düşünür durumda buldum kendimi.

Özgür İrade beyinde nerede olabilir diye$_t$ merak ettim. Beynin birden çok parçası arasında etkileşimler gerektirdiği açık, ama beyin kabuğunun belli bir yerinin bu işle özellikle daha çok ilgilendiğini düşünmek pek de mantıksız değildi. Bunun girişlerine duyu sistemlerinin üst düzeylerinden işaretler gelmesi ve çıkışlarının da hareket sisteminin üst planlama düzeylerini beslemesi beklenebilir.

O noktada Antonio Damasio ve arkadaşlarının belli bir beyin hasarına uğramış bir kadın hastayı anlattıkları raporları gözüme çarptı.[1] Hasardan

hemen sonra kadının tepkileri oldukça azalmış. Yatağında hiçbir uyanıklık belirtisi göstermeden yatıp duruyormuş. İnsanları gözleriyle izleyebiliyor ama kendiliğinden konuşmaya başlayamıyormuş. Sorulan da konuşarak yanıtlamıyor, yalnızca anladığını gösterir biçimde kafasını sallı yormuş. Sözcükleri ve tümceleri de ancak çok yavaş olarak tekrarlayabi I i yormuş. Kısacası gösterebildiği birkaç tepki çok sınırlı ye oldukça basmakalıpmış.

Bir ay kadar sonra büyük ölçüde iyileşmiş. Hasta yatarken iletişim kuramamaktan rahatsızlık duymadığım söylemiş. Konuşmaları izleyebiliyordum ama “söyleyecek bir şeyim” olmadığı için konuşmadım, aklım tamamıyla “boş” idi demiş. Hemen “İradesini yitirmiş olmalı” diye düşündüm; peki hasar neredeymiş? Bunun Brodmann’m 24. bölgesine komşu “ön kuşak oluğu” denilen bir yerde ya da yakınında* olduğu anlaşıldı. Bu, iç yüzeyde beyin ikiye ayrıldığında görebilirsiniz önde ve yukarıya doğru bir yerdedir. Bunun gerçekten de üst duyu bölgelerinden işaretler alan ve hareket sisteminin üst düzeylerinde ya da yakınlarında bir yer olduğunu öğrenince çok sevindim.

Saik Enstitütüsü’nde Terry Sejnowski’nin ekibi hafta içi günlerin çoğunda öğleden sonra çay toplantısı yapar. Bu çaylar en son deney sonuçlarını tartışmak, yeni fikirler ortaya atmak, ya da yalnızca bilim ve politika hakkında dedikodu yapmak, ya da genel olarak haberleşmek için ideal bir ortam oluşturur. Bu çaylardan birine gidip Pat Churchland’a ve Terry Sejnowski’ye îrade’nin merkezini bulduğumu duyurdum! ön kuşakta ya da yakınlarında dedim. Bu konuyu Ântonio Damasio’ya açtığımda onun da aynı kanıya vardığını öğrendim. Beynin o bölgesindeki bazı anatomik bağlantılara ilişkin bilgi eksikliğimi giderdi. Beynin öteki tarafındaki eş bölgeyle sıkı bağlantısı var. Bir anda tek bir îrade’niz var normal olarak ama on ikinci bölümde gördüğümüz gibi ayrık beyinlilerde aynı anda ikisi birden olabiliyor. Üstelik beynin bir tarafındaki bu yerden (hareket sisteminin önemli bir parçası olan) çizgili cismin her iki tarafına kuvvetli bağlantılar var. Tek bir İrade’den de bu beklenir. Oldukça umut verici gözüküyordu önerim.

Bir zaman sonra Micbel Posner’m, belli bir tür beyin hasarının yol açtığı “yabancı el” hastalığı olarak bilinen tuhaf bir hastalıktan söz ettiği raporunu okuyordum. Bu olayda örneğin hastanın sol eli genellikle basit ve

olağan hareketler yapmakta, ama hasta bundan sorumlu olmadığım iddia etmektedir.[2]örneğin el yakınma konan bir cismi kendiliğinden yakalayıp tutmaktadır. Bazı durumlarda hasta eline cismi bıraktıramamakta ve ancak sağ elini kullanarak sol elinin cismi bırakmasını sağlayabilmektedir. Hastalardan biri "yabancı” eline istemgiicünü kullanarak bıraktıramadığını, ama yüksek sesle "bırak” diye bağırdığında bunu başarabildiğini bulmuş!

*Yakındaki ek hareket bölgesinde de hasar varmış,

Peki hasar neredeymiş? Evet, yine ön kuşak oluğunda ya da dolaylarındaymış (sokyabancı el için sağ tarafta) ve buna ek olarak büyük birleşeğin tam oraları da hasarlı olduğu için soldaki sağlam bölge, sağdaki hasarlı bölgenin veremediği komutları veremiyor sol ele. On kuşak ayrıca sekizinci bölümde değinildiği gibi bazı seçim işlemlerinde de etkindir, oradaki kan dolaşımındaki artışla gösterildiği gibi

Belki de düşüncem bir yenilik[4] sayılabilir bu yanıyla: Özgür İrade ön kuşak oluğunda ya da dolaylarındadır.[3] Asıl durumun daha bir çapraşık olması beklenir. Beynin ön taraflarında başka bölgeler de işin içinde olabilir. Gereken şey hayvanlar üzerinde daha çok sayıda deneyler, daha çok sayıda "yabancı el” ve benzeri durumların dikkatle incelenmesi ve hepsinden öte, görsel farkındalık ve giderek bilincin öteki biçimlerinin ayrıntılı bir sinirbilimsel açıklamasıdır. Bu önermeyi kitaba eklememin nedeni de bu işte.

*Sör John Eecles daha önce Özgür İrade'nin merkezinin ek hareket bölgesİ olan 24. Bölge yakınlarında olabileceğini önermişti

Terimler Sözlüğü

ağsı çekirdek (reticular nucleus).

ağsı oluşum (reticular formation): Beyin sapının bir bölümünde bulunan, özellikle uyku, uyanıklık ve vücuttaki birtakım benzeri işlevlerle ilgili yoğun bir sinir hücresi kümesini tanımlayan eski bir terim.

ağtabaka (retina); Göz yuvarlağının iç arka yüzeyindeki çok katmanlı sinir hücresi tabakası. Tuhaftır ki (evrim sonucu) ışığa duyarlı hücreler alt katmanda, aksonları beyine kadar giden boğum hücreleri ise üst katmandadır (yani merceğe daha yakın). Bundan ötürü boğum hücrelerinin aksonlarının beyne giderken geçeceği bir delik bulunması gerekir ağtabakada. İşte ışığa duyarlı katmandaki bu delik gözdeki kör noktaya yol açar.

ağtabaka çukuru (fovea): Âğtabakanın merkezi yakınında ışık duyargalarının yogim olduğu bir çukur. Bu bölgede görüş çok keskindir.

ak madde (white matter): Sinir hücrelerinin aksonlarından oluştuğu için beynin açık renkli görünen yerleri.

akson (axon): Nöronun çıkış kablosu. Bir nöronun genellikle tek bir aksonu bulunur, ama bu tek akson dallanıp budaklanabilir.

algoritma (algorithm): Belli bir problemi çözmede kullanılan kurallar dizisi. Örneğin bölme işlemi gibi pek çok problem için bu kurallar, birtakım adımların tekrar tekrar uygulanmasıdır, alın arkası bölge (prefrontal region), alın bölgesi (frontal region). alın uyan lobu (frontal lobe).

alış alanı (reeeptive field): Uygun bir uyarının, görsel sistemdeki bir sinir hücresini uyarabildiği görüş parçası.

Ames odası (Ames room): Adım ruhbilimci Adelbert Ames'den alan çarpık oda. Duvarındaki bir delikten içeri tek gözle bakıldığında yanlış bir perspektif görünür. Şekil 14’e bakınız.

amfibi yaratık (anıphibian): iki yaşayışlı (denizde ve karada), ana oluk (principal sulcus): Bkz olıçk.

anlatımyitimi (aphasia): Düşünceleri anlatma ya da yazılı ve sözlü anlatımları kavrama yeteneğinin kısmen ya da bütünüyle yitirilmesi. "Afazi” de denir. Beynin belli bölümlerini etkileyen hastalık, ya da hasar sonucu oluşur,

Anton hastalığı (Anton’s syıidrome): Beynin kabuğundaki bir haşarın yol açtığı ender rastlanan bir hastalık. Hasta tamamen kör olmasına karşın, göremediğim kabul etmez. “Körlük yadsınması” da denir.

ardışık arama (serial search); Dikkatin görüş alanındaki nesnelerin hepsine bir anda değil de birbiri ardından (tek tek ya da gruplar halinde) yönlendirildiği görsel süreç, arka duvar kabuğu (posterior parietal cortex). art kafa lobu (oecipital lobe).

asetilkolin (acetylcholine): Küçük bir kimyasal nöroileten. Motor sinirler taraftndan iskelet kaslarını uyarmak için salgılanır. Beynin bazı bölümlerinde de kullanılır, ateşleme (firing): Nöronun bir eylem potansiyeli ile sonuçlanan elektriksel etkinliği, avize hücre (chandelier celi): Beyin kabuğunda aksonları çok sayıda piramit hücrenin aksonlarıyla çoklu sinapslar oluşturan bastırıcı nöron, ayrık beyin (split brains). bağlanma sorunu (binding problem). basamaklı (hierarchical): hiyerarşik, aşamalı.

bastım (inhibition): engelleme, ketleme .

bastırıcı (inhibitory): önleyici, ketleyici

bedenduyusal (somatosensory): Vücudun iç ve dış parçalarma ilişkin dokunma, sıcak ve soğuk vb duyuları ile ilgili, bellekyıtimi (amnesia), belirgin (salient); Dikkat çeken, göze çarpan, benlik (personal identıty). beyin cerrahı (neurosurgeon).

beyin dalgaları (brain waves): Gündelik kullanımda beynin kaba ölçüde elektriksel etkinliğini tanımlar. Genellikle kafatasına iliştirilen elektrotlar aracılığıyla 1EG aygıtı ile kaydedilir, beyin sapı (brain stem).

beyincik (cerebellum): Kafanın arka tarafında beyin sapının arkasında beynin büyükçe bir parçası. Kaim olan kabuğunun basitçe bir yapısı vardır. Bir biçimde incelildi hareket denetimiyle ilgili olduğu sanılmaktadır, biigiişlem sistemi (information processmg system). bilinç (consciousness): şuur.

bilinç öncesi (preconscious): "önbilinç” de denilebilir, bilinçaltı (subconscious): altbilinç, tahtel şuur, bilinçdışı (unconscious): gayri şuur,

bilinçsiz (unconscious): şuursuz, bitişek (junction): İki şeyin bitişme yeri.

boğum hücresi (ganglion celi): Ağtabakada, öteki ağtabaka nöronlarından işaretleri akp beyine gönderen sinir hücresi, boz madde (grey matter): "gri madde” de denir.

Broca alanı (Broca’s area): Beynin baskın (dil yetisiyle ilgili) yarıküresinin Ön tarafına doğru bir bölge. İnsanda konuşma sisteminin bir parçasıdır; konuşma merkezi de denir. Hasara uğradığında sözyitimi’ne yol açar. Broca alanına kesinlikle belirgin bir kabuk bölgesi diyebiliriz bugünkü anlamda, buruniçsel kabuk (entorhinal cortex)

büyük birleşek (corpus eallosum): Beyin kabuğunun iki yarıküresini birbirine bağlayan oldukça kaim bir sinir lifi (akson) demeti; katı madde,

Büyükhücreli (M hücreler) (magnocellular (M cells): Önceleri görme sisteminde LGN’nin 6 katı arasında sinir hücreleri çok büyük olan ikisini tanımlamak için kullanılmıştı (Bkz küçükhücreli). Şimdilerde ise, primatların ağtabakasmdaki sinir hücrelerine, ve görme kabuklarında, görsel işaretlere tepkileri bunlarmldne benzeyen sinir hücrelerine “M hücreler” denmektedir.

CAT (Computerized Axial Tomography); bilgisayarlı tomografi.

Cheshire Kedisi olayı (Cheshire Cat effect): Göz çatışması’nm bir Örneği, Hareketli bir nesne, örneğin sallanan bir el, öteki gözün (görüş alanının aym yerinde) gördüğü hareketsiz başka bir nesnenin tümünü, ya da bir bölümünü silebilir. Bu nesne gülen bir yüz ise bazen yüzün her tarafı silinip yalnızca gülen dudaklar kalabilir, Alış Harikalar Diyannda’daki Cheshire Kedisi’ninki gibi.

Çağrışımsal bellek (assoeiative memory). çağrışımsız (nonassociative).

çalışma belleği (working memory): Karalama, yazboz, müsvedde belleği, çekme camı (spin glass): Parçacıkların “dönme” özelliklerinin camdaki moleküller gibi düzensiz bir yapıda, rasgele olduğu durumu belirten fizik terimi.

çevrebilim (ecology).

çıldırtıcı (psyehedelie): Anormal bilinç durumları getiren, çifte sarmal (double helke)

çizgili cisim (corpus striatum): Beynin tabanında boz madde kaytanlarıyla birbirine bağlı boğumlar.

çizgili kabuk (striate eorfcek): Kabuk tabakasına kabaca paralel biçimde uzanan çok sayıda miyelinli aksonlardan ötürü çizgili görünümde olan beyin kabuğu bölgesi. Onyedinci bölge ya da.Vl; birinci görme bölgesi de denir, çokduyulu (polysensory).

çomak (rod): Ağtabakada az ışıkta iş gören bir ışık duyargası türü. Çomakların hepsi bir örnek olduklarından az ışıkta renk algılayanlayız. Çomaklar ağtabaka çukurunda pek bulunmaz ama ağtabakanm kenarlarında yoğundur, damar bozukluğu (vascular disorder),

damarası birleşek (intertectal commissure): “Arka birleşek” de denir. Beynin bir yanındaki üst tepeciği öteki yanmdaldne bağlayan sinir demetlerini kapsar. .

darbe (spike): Nöronun ürettiği elektrik işareti. ' davranışçı (behaviorist): Davranışçılık akımını îzîeyeiı kişi, davranışçılık (behaviorism): Akıl olayının gözardı edilerek yalnızca uyarılar ve bunlara gösterilen tepkilerin incelenmesini savunan bir ruhbilim akımı, dendrit (dendrite); Sinir hücresinin ağaca benzeyen bölümü; “ağaçsı dallantı” da denir. Çoğu durumda dendritler öbür sinir hücrelerinden gelen işaretleri alırlar. Bkz akson.

destek hücresi (glial celi): Sinir sisteminde sinir hücresi olmayıp destek görevi yapan hücre. Destek hücrelerinin birkaç belirgin türü vardır, dış yan yarığı (sylvian fiasure),

diken (spine); Üzerinde uyarıcı bir sinaps bulunan küçük dendrit uzantısı. Tipik bir piramit hücrenin dendritlerinde binlerce diken vardır.

dikenli yıldız (spiny stellate): Yıldız biçiminde ve dendritleri dikenli bir tür nöron, dikiş çekirdeği (raphe nucleus): Soğaniliğin orta çizgisinde dikişi andıran hücre yığını.

dikkat (attention): Başka şeyleri dışarda tutup belli bir uyarı, duyu, ya da düşünce üzerinde yoğunlaşma. Bu geniş anlamlı terim, beyinde büyük bir olasılıkla, birden çok sayıda düzeneği kapsar.

doğal ayıklanma (natural seleetion); Evrimin düzeneği; sağlam veya kuvvetlileri yaşatıp zayıflan yokeden doğa yasası.

doğrulanabilir (veridical); Geniş anlamda “gerçekte olduğu gibi,” yani başka veri kaynaklama başvurularak, örneğin görünen cisimlere dokunarak, anlaşılan, doğrusal ayrılabilir (linearly separable); Bir tür matematik problemi, dopamin (dopamine); Nöroileten olarak görev yapan küçük bir kimyasal molekül, dönüştürücü (transducer): Işık, ses, ya da hasmç gibi kimyasal ya da fiziksel etkileri elektokimyasal bir işarete dönüştüren aygıt. “Transduktor” da denir, duvar bölgesi (parietai region). duvar lobu (parietai lobe). duvararası karmsal (ventral intraparietal), duyu (sense).

duyu tarzı (sensoıy modality). duyum (sensation).

I.koli (E.coli): Bir bakteri türü.

EEG (elektroensefalograf) (electroencephalograph): Beynin kaba ölçüde elektriksel etkinliğinin kafatasına iliştirilen elektrotlar aracılığıyla beyin dalgalan olarak kaydedilmesi, Zaman ekseninde ayrıştırması iyidir ama yersel aynştırması (yer belirlemesi) çok zayıftır, embriyo (embryon): oğulcuk.

entorinal kabuk (entorhinal eortex).

erkenkalıtsal süreç (epigenetie process): Bir organizmanın, ilk gelişme aşamasında (doğum öncesi ve soması), genlerinin etkisi altında geçirdiği kalıtsal süreç, eski kabuk (paleoeortex): Beyin kabuğunun, daha çok koku alma duyusuyla ilgili “eski” bölgesi.

foton (photon): Işık parçacığı. Işığın da (madde gibi) hem parçacık hem de dalga özellikleri vardır.

GABA molekülü (GABA molecule); Açık adı gammaaminobutirik asit olan küçük bir kimyasal molekül. Ön beyindeki bastırıcı nöroiletenlerin en başında gelir. GABÂlı hücre (GABÂergic celi): GABA molekülünü nöroileten olarak kullanan hücre, gamma dağılımı (gamma distribution).

gamma titreşimleri (gamma oscillations): Nöronlar ve özellikle beyin dalgaları, çeşitli frekans aralıklarında, pek de düzenli olmayan titreşimler gösterirler. Bu üt' reşimlerden 10 Hz dolaylarındakine alfaritimleri, 20 Hz dolaylarmdakine ise beta dalgalan denir. Bunların 3575 Hz aralığındakilerine ya gamma titreşimleri, ya da kabaca 40 Hz'lik titreşimler denir. . gececi yaratık (nocturnal creature). gelişim biyolojisi (developmental biology). geriuzanfım (baekprojection).

geriyayılım, geriiletim (backpropagatiorı, backprop): Çok katlı bir yapay sinir ağının denetlenebilen değerlerini, çıkışındaki hataları geri göndererek ayarlayan algoritma. Özellikle birkaç katlı basit tek yönlü ağlarda kullanılır, gerilim (potential): Simrbilimde bu terim genellikle voltaj demektir. Ölçüm birimi voltun binde biri olan milivolttur.

Geştalt (Geştalt): Tek tek parçaların etkileşerek bütünün davranışını belirlediği bir yapı. Ruhbilimde kullanılan bir terimdir.

glutamat (glutamate): Küçük bir organik kimyasal molekül. Zayıf "glutamat asidi" de denir. Önbeyindeki uyarıcı nöroiletenlerin başında gelir.

görme birleşeğı (optic cbiasm).

görme bölgesi (visual area): Beyin kabuğunun görmeye ilişirin bölgesi, görme damı (optic tectum).

görme siniri yayılımı (optic radiatiotı): LGN'den çıkarak kabuktaki ilk görme bölgesine giden görme siniri demeti, görme sistemi (visual system), görsel imgelem (visual îmagery): tahayyül, görsel ruhbilim (visual psycbology). görsel sahne (visual scene). görüngü (phenomenon): fenomen, görüş alanı (visual fîeid): Bir gözün gördüğü optik alan, gövde, hücre

gövdesi (soma); Hücre gövdesinin bilimsel adı “soma” dır. göz baskınlığı (ocular dominanee); Sinir sistemindeki bir hücrenin gözlerden birine ya da ötekine verilen bir uyanya daha çok tepiri göstermesi dnrumu. (Bazı sinir hücreleri yalnızca sol göze, bazıları yalnızca sağ göze, bazıları ise her ikisine verilen uyarılara değişik ölçülerde tepki gösterirler.)

göz kıpırtısı (Saccade (Fransızca’dan); Gözün bir noktadan ötekine çabuk ve hızlı hareketleri. Gözünüzü sandığınızdan daha sık, saniyede üç dört kez oynatırsınız. Göz kıpırtısı saniyede beşten çok olmaz.

gözlerin yarışması (biııocular rivalry): Bir göze, ötekine verilenden tamamen başka bir görüntü verildiğinde, beyin bu iki görüntüyü tek bir algıda birleştirmeye çalışmayıp, sırayla önce birini sonra ötekini bastırır. .

hareket bölgesi (motor area); Beyin kabuğunun, başlıca görevi hareketleri planlamak ve yerine getirmek olan bölümü, hareketberisi bölge (premotor area).

Hebb kuralı (Hebbis rula): Sinapsm kuvvetinde, hem sinapsa gelen sinapsberisi etkinliğe, hem de bir biçimde sinapsötesindelri alıcı nöronun etkinliğine bağlı bir tür değişildik. Bunun önemi şu: sinapstaki böyle bir değişiklik, iki farklı nöron etkinliğinin zaman içinde bağlantısını gerektirir. Kanadalı psikolog Donald Hebb’den gelir, herpes ausefaliti (herpes encephalitis); beyin yangısı.

Hertz (Hertz); Kısaltması Hz olarak yazılan frekans ölçüsü. Birimi 1 Hz, saniyede

bir titreşim, ya da saniyede bir olay demektir. Örneğin Türkiye’de şebeke frekansı

50 Hertzdir. Do notasının frekansı ise 260 Hz’dir.

hipnoz (hypnosis): uyutum.

hipofiz bezi (pituitary gland); “alt türek” de deiıir.

bipotalamus (hypothalamus): Beynin talamus'un altında bulunan bezelye tanesi büyüklüğünde bir bölümü. Yerel hormon üretiminde bulunur ve açlık, susuzluk, seks gibi dürtülerin denetimiyle ilgilidir.

hippokamp (hippocampus): Beynin denizatma benzeyen bölümü. Bazen esld kabuk da denir. Yapısının basitliği sayesinde çok incelenmiştir. Geçici,bellek ile yada uzun dönemli olay belleğindeki şifrelemeyle ilgili olduğu sanılmaktadır, holografi (holography),

horounkulıis (homunculus): Beyinde nesneleri ve olayları algılayıp kararları verdiği düşlenen küçük insan, içimizdeki insan.

Hopfield ağı (Hopfield network): Müridi John Hopfıeld'in adıyla amlan bir tür basit nöron ağı. Çıkışından girişine geriyayılım bulunması ve bağlantılarının bakışık (simetrik) olması nedeniyle bir "enerji işlevi" ile bağlantılıdır, ışık duyargası (photoreceptor): Işığa duyarlı alıcı sinir,

IT (alt şakak) bölgesi (inferotemporal (IT) region); Beyin kabuğunda şakak lobunun alt yöresinde bir kıvrım. Makak maymununda bu bölgedeki nöronlar çeşitli karmaşık görsel örüntülere tepki gösterirler.

içerikten bulan bellek, içeriğinden bulunan anı (contentaddressabfe memory). içgözlem (introspection): murakabe, kendi iç evrenine balana, ikiliei (dualist): İkildik düşüncesini izleyen kişi ya da kavram, ikinci ulak (second messenger): Bazı alıcı moleküller, nöroiletene iyon kanalını açarak değil de hücre zarının iç yüzeyinde biyokimyasal bir değişiklik oluşturup hücrenin öteki bölgelerine yayılan bir molekül göndererek tepki gösterir. Böylece gönderilen işarete "ikinci ulak" denir, iyon kanallarıyla gönderilen işaretlere göra oldukça yavaştır.

ikililik (dualism): Akim ve beynin ayrı şeyler oldukları düşüncesi. İnsanların yaygın biçimde inandıkları ve büyük bir olasılıkla yanlış olan bu düşünceye göre akıl, bir anlamda soyuttur ve bilinen bilimsel yasalar dışındaki bazı kurallara uymaktadır, ikiyanlı (bilateral): Görüşalanının sağ ve sol her iki yarıküresini de etkileyen, ikona belleği (ieonie memory).

ilik (medulla).

ilintili ateşleme (eörrelated firing): İki nöronun darbeleri aym anda ya da zaman içinde eşit uzaklıklarda ise. buna "ilintili ateşleme” denir, ilkel kabuk (arehieortex): Beyin kabuğu ve hippokamp’a bakınız, indirgemecilik (reductionism): Bir olayın, en azından ilkesel düzeyde, daha az çapraşık Öğeleri cinsinden açıklanabileceği düşüncesi. Kesin bilimlerde temel açıklama yöntemidir. Pek çok kişi, özellikle feylesoflar bu düşünceyi sevmez (yeterli neden göstermemekle birlikte). .

istemli hareket sistemi (voluntary motor system).

işaretin gürültüye oranı (signaltonoise ratio): İstenen bilginin (işaretin) zeminde istenmeyen gürültüye oranı. Kalabalık bir kokteyl partisinde yanımzdakiyle konuşurken’işaretin gürültüye oram oldukça düşüktür, işlem belleği (procedural memory).

işlemci akıl (computational mûıd).

işlevci (fimctionalist): Aklı anlamak için en iyi yaklaşımın onun nasıl davrandığım inceleyip bunu bir kurama oturtmak olduğuna inanan kişi. Sinirsel öğelerin bağlantılarıyla ve nasıl davrandıklarıyla ilgilenmeyen bu görüş, çoğunlukla sinirbilim düşmanı kuramcılar tarafından şiddetle benimsenir.

iyon (ion): Elektrik yükü taşıyan bîratom ya da küçük molekül. İyonların hücre zarlarından geçmek suretiyle yaptıkları hareketler, beyindeki elektriksel işaretleşmenin temelini oluşturur,

izdüşüm alanı, uzanım alam (projective field). kabuk birimi (cortical modüle).

kabuk, beyin kabuğu (cerebral coıtex): Kafatasının en tepesinde her iki yanda bulunan, kıvrımlı bir çift büyük sinir dokusu tabakası; “korteks” de denir. Bazıları beyin kabuğunu üç bölgeye ayırırlar: yeni kabule (neokorteks primatlarda en büyük bölge), eski kabuk (paleokorteks) ve ilkel kabuk (arkikorteks). kalıtsal (genetic): genetik.

Kanisza üçgeni (Kanisza triangle): İtalyan psikologu Gaetona Kanisza tarafından

tanımlanmış bir optik yanılsama. Bkz Şekil 2.

karşı yanal (contralateral).

karın ortay kesim (ventromedial sector).

karınaltı (ventrobasal).

karıncık (ventricle),

kendigözleyen (selfmonitoring).

kısa dönemli bellek (shortterm memory).

kıvıım (gyi'us): Kıvrımlı beyin kabuğunun yüzeyindeki dalgalılığın tepe noktalarından oluşur. Her belirgin lavnma bir ad verilmiştir: köşeli kıvrım gibi. “Girus” da denir, koku alma sistemi (olfactory system),

koni (cone); Gözde ışılc duyargası görevi yapan özel bir sinir hücresi türü. Koniler gün ışığı altında renkli görmede uzmandır. Bkz çomak, koşullandırma (conditioning). köprü (pons): Beyin sapında bir bölge,

kör leke (seotoma); Çoğunlukla gözün ağtabakasmm ya da beyindeki görme kabuğunun uğradığı hasar sonucu görme sisteminde oluşan kör leke, “Skotom” da denir.

kör nokta (blind spot): Ağtabakada ışık duyargalarının bulunmadığı bölge, körgörüş (blindsight): Beyin hasarından kaynaklanır. Hasta görmediğini iddia etmesine karşın birtakım basit görsel işaretlere tepki gösterir.

körlük yadsınması (blindness denial): Beynin kabuğundaki bir hasann yol açtığı ender rastlanan bir hastalık. Hasta tamamen kör olmasına karşın, göremediğim kabul etmez. "Anton hastalığı” da denir.

kuşak kabuk (cingulate cortex): Beyin kabuğunun, iç yüzeyindeki bir bölümü, kutuplu (iki ve dört) (dipole and quadripole)

kuvantum mekaniği (quantum mechanics): Mekaniğin, 1920'lerde ortaya konan ve madde ve ışığın, özellikle de elektronların ve fotonların davranışını doğrulukla açıklayan bir kolu. Temelini oluşturan düşünceler gündelik sağduyumuza aylandır. Büyük cisimler için Newton mekaniği, kuvantum mekaniğine yaklaşık doğru sonuçlar verir.

Küçükhücreli (P büerelerKparvocellular (P cells)); Önceleri görme sisteminde LGN'nin 6 katı arasında sinir hücreleri küçük olan dördünü tanımlamak için kullanılmıştı (Bkz Büyükhücreli). Şimdilerde ise, primatların ağtabakasmdaki sinir hücrelerine, ve görme kabuklarında, görsel işaretlere tepkileri bunlarmkine benzeyen sinir hücrelerine "P hücreler" denmektedir.

LGN (lateral geniculate nucleus (LGN)); Talamus'un, dış yanında kat kat hücre kümelerinden oluşmuş küçük bir parçası. Gözden gelen işaretleri görme kabuğuna gönderir. Kabuktan LGN'ye de henüz tam olarak ne işe yaradığı bilinemeyen pek çok işaret gelmektedir.

lipit (lipid): Bir ucu suyu, öteki ucu yağı seven bazı organik molekülleri tanımlar genel olarak. Biyolojik zarların (örneğin hücre duvarlarının) pek çoğunun temeli, iki tabaka lipitten oluşan 'lipit ikikatman"dır.

maskeleme (masking); Görsel ruhbilimde, yaklaşık aynı anda ve yerdeki kısa süreli, benzer görsel işaretlerin, birbirlerinin görülmesini etkilemeleri, mavi nokta (locus eeruleus): Beyin sapındaki köprii'nün renk maddeli bir bölgesi. Buradaki nöronların aksonları üzerinde beyin kabuğunun hemen her tarafına ulaşan korkunç sayıda sinapslar bulunur. Tam olarak neye yaradığı bilinmemektedir. Çoğu bölümü REM uykusunda sessiz durur, merkezi çekirdek (nucleus centralis).

merkezi oluk (eentral suleus); Alın lobunun arka sınırım oluşturan oluk, metabolizmada değişiklik (metabolic change).

mezmur yazarı (psalmîst),

mikroelektrot (microelectrode): Esas olarak tek bir sinir hücresinden gelen elektriksel işaretleri kaydetmek için kullanılan çok ince elektrot, mikron (micron): Milimetrenin binde biri yani metrenin milyonda biri olan

uzunluk ölçüsü, pm olarak yazıhr. Görünen ışığın dalga boyları yarım mikron dolaylarındadır, çoğu hücrenin çapı 10 pm ile 50 pm arasındadır. O nedenle çok kullanışlı bir uzunluk birimidir, mit (myth): efsane.

mitokondri (mitochondria): Hücrenin bir öğesi.

miyelin (myelin): Bazı sinir liflerinin kılıfım oluşturan yağlı beyaz bir madde, molekül biyolojisi (molecular biology): Molekül düzeyindeki biyolojiyle ilgili, özellikle proteinler ve çekirdek asitlerinin yapısı, sentezlenmeleri ve davranışlarım inceleyen bir dal. Kesinliği ve korkunç güçlü deneysel yöntemlere başvurması nedeniyle molekül biyolojisi, günümüzdeki pek çok biyoloji sorununa yaklaşımda en başta gelir.

MRI (Manyetik Rezonanslı Görüntüleme) (Magneüc Resonance Iınaging); Vücudun ve özellikle beynin dokularını, zarar vermeden incelemede kullanılan ve bazı atom çekirdeklerinin manyetik rezonans özelliğine dayanan modern bir yöntem. Standart MRI yöntemiyle sağlanan ikiboyutlu durağan görüntüleri ayrıştırması şaşırtıcı derecede iyidir. Bunlar bir araya getirilerek üçboyutlu görüntü elde edilebilir. Bu tekniği kullanan yeni yöntemlerle beyindeki birtakım etkinlikler saptanabilmişim mutasyon (mutation).

NDMA (NDMA); Glutamatla ilişkili küçük bir kimyasal madde. Açık adı NmetilDAsparfcat. NDMA alıcısı, NDMA’ya da tepki gösteren bir glutamat alıcısıdır. Sinapsa ilişkin bazı değişim biçimlerinde önemli rol oynar.

Necker kübü (Necker cube): İki değişik biçimde alplanan, kenar çizgilerinden oluşmuş bir küp çizimi. Bkz Şekil 4. nitelik saptayıcı (feature detector).

norepinefrin (norepinephrine): “Noradrenalin” de denen bir nöroileten ve hormon; örneğin mavi nokta tarafından kullanılır. .

nöroileten (neurotra nsmitter).

nöron (neuron): Sinir hücresinin bilimsel adı. 8. Bölüm’e bakınız.

olay belleği (episodic memory).

olaya ilişkin potansiyel (eventrelated patential).

olgu (phenomenon): fenomen, olay, görüngü.

olgusal akıl (phenomenological mimi).

oluk (suleus): Beyin kabuğunun kıvrımları arasındaki oluk. Olukların çoğuna özel isimler verilmiştir, üst şakak oluğu (STS) gibi, orta art çekirdek (medıal dorsal nucleus).

orta şakak (middle temple (MT), middle temporal): Maymun beyninde belli bir görme kabuğu bölgesi. Bazen beşinci görme bölgesi (V5) de denir. Nöronları özellikle hareket ile ilgilidir.

orta yastık (medial pulvinar).

ön birleşek (anterior commissure): Beynin önüne doğru bir yerde bulunan ve çeşitli beyin bölgelerini beynin karşı tarafındaki bölgelere bağlayan sinir lifleri (aksonlar) demeti. .

ön kuşak oluğu (anterior cingulate suleus): Beyin kabuğunun ön tarafının iç yüzeyindeki kıvrımlar arasındaki oluk. Bkz oluk, önbeyin (forebrain).

öne çıkma (popout): Görüş alandaki bir nesnenin, öteki dikkat dağıtıcı nesnelerden bağımsız olarak, hemen kendini belli etmesi, öteki kabuk (a!locortex): Bkz eski kabuk, özbilinç (selfconsciousness), özçit (claustrum). özfarkındalık (selfawareness). özirdeleme (selfreflectiorı). özişler (automaton): otomat.

Özün bilinci (consciousness of self).

parça kenetleme (patchclamping): Zar üzerindeld küçücük bir alandald iyon kanallarının tek tek davranışlarım incelemede kullanılan bir yöntem.

PC(Personal Computer): kişisel bilgisayar.

PDP (Koşut Dağıtık İşlem) (Parallel Distributed Processing): Şuadan bilgisayarlarda kullanılandan oldukça değişik bir işlem tekniği. Bkz. onüçüncü bölüm. Bu tekniği geliştiren San Diego’lu ekibin adı olaralt da kullanılır, pekmen (Paeman); Bilgisayar oyunu kahramanı, bir dilimi eksik renkli bir daire, peptit (peptide); sindiril.

Perseptron (Perceptron): özellikle Frank Eosenblaft tarafından incelenmiş çok basit bir nöron ağı. Bkz 13. Bölüm.

piramit hücre (pyramidal celi): Beyin kabuğunda bulunan başlıca bir sinir hücresi türü. Genellikle oldukça büyük bir tepel dendviti vardır. Dendritinm üzerinde pek çok diken bulunur. Aksonları 1. türden (uyarıcı) sinapslar oluşturur, pozitron (positron): Elektron benzeri, fakat eksi yerine artı elektrik yüklü bir temel parçacık. Bir pozitronla bir elektron karşılaştıklarında birbirlerini yok ederken bir çift gamma ışmı (çok daha kısa dalga boy İn X ışını) üretirler. Pozitronlu tomografide bu olaydan yararlanılır.

Pozitronlu Tomografi (Positron Emission Tomography (PET)): Pozitron yayan radyoaktif maddeleri kullanarak canlı bir beynin etkinliğini incelemeye yarayan bir teknik,kSonuçta belli bir ödevi yerine getiren etkinliğin nerede bulunduğunu gösteren kaba bir beyin haritası elde edilmektedir, prima facie (prîma facie); karşıtı kanıtlamncaya dek geçerli, primat (primate).

primitif (primitive (mathematical)): Bir matematik terimi.

protein (protein); Amino asitlerin ue uca dizilerek uzun zincir biçiminde oluşturdukları molekül. Çok sayıda farklı türleri olan bu geniş molekül ailesi hücrenin makina yapan makinalarıdır. Enzimler, iyon kanalları ve öteki önemli büyük canlı moleküllerinin hepsi proteinden yapılmışlardır.

REM uykusu (rapid eye movement (REM) sleep); REM (İngilizce’de baş harflerinden) hızlı göz hareketi demektir, Sanrımsı rüyaların görüldüğü bu uyku aşamasında göz yuvarlakları göz kapağının altında hızla oynar (Bkz. yavaş dalgalı uyku), renk seçmezlik (achromatopsia): Siyahbeyaz görmede bir bozukluk olmamakla birlikte renkleri görme yeteneğinin

olmaması. Çoğunlukla beyindeki belli bir bölgenin hasara uğraması neden olur. Bir tür “renk körlüğü”dür. .

retinotopik (retinotopic); Bir bölgede retinotopik izdüşüm olması, ağtabakada birbirine komşu olan noktaların o bölgede de komşu noktalara karşılık gelmesidir. Bu izdüşüm çeşitli biçimlerde çarpık olabilir. Retinotopik izdüşüme görme sistemin gözlere az çok doğrudan bağlı basamaklarında rastlanır.

ruhbilim (psychology): İnsanların ve hayvanların davranışlarını ve uslarını sistemli olarak inceleyen, ancak henüz tutarlılığı az olan bir disiplin; “psikoloji” de denir. Birçok değişik dallan vardır; ancak bunların bazısı sağduyunun ötesine pek geçememiş, bazısı ise yeterince güçlü bilimsel kuramlar ortaya koyabilmiştir, Bu dalların ortak noktası, sonuçların önemine ve yinelenebilirliğine pek kulak asmadan, deneylerin değerine olan inançtır, ruhçözümleme (psychoanalysis). ruhölçiim eğrisi (psychometric curve). saldı bellek (latent memory) salınım (reverberation; oscillation). salınım devresi (reverberatory circuit). sanrımsı, sanrılayıcı (hallucinoid).

sepet hücre (basket celi); Beyin kabuğunda bulunan oldukça uzun aksonlu bir tür bastırıcı sinir hücresi. Sepet hücrenin aksonu komşu nöronların gövdelerinin üzerinde ya da yakınlarında çok sayıda sinaps oluşturur.

serotonin (serotonin): Nöroileten olarak kullanılan ve 5HT (5hidroksitriptamin) olarak bilinen küçük bir organik molekül. Beyin sapından beynin her tarafına aksonlar gönderen dildş çekirdeği’nde bulunur. Birçok akıl hastalığında etkisi olabilir, sezici (detector): detektör.

sınıflandırıra bellek (categorical memory); Sınıflandırma ve genelleme ile uğraşan bellek.

sınır çizgisi (contour): sınır, kontur.

sinaps (synapse): Bir sinir hücresi ile öbürü arasındaki bağlantı. Bunların çoğu darbe getiren aksonun ucuyla alıcı nöron arasında nöroileten moleküllerin yayıldığı daracık bir aralıktır. Beynin bazı bölgelerinde bir

hücrenin dendritleri bir ötekinin dendritleriyle de sinaps oluştururlar, ama beyin kabuğunda bu türden sinaps hemen hiç bulunmaz.

sinaps kavşağı (synaptie junction): İki nöron arasında sinapsm oluşturduğu işaret geçiş noktası.

sinaps keseciği (synaptie vesıcle). sinaps yarığı (synaptie cleft).

sinapsberisi (presynaptic side): Sinapsın darbe getiren akson tarafında kalan, sinapsötesi (postsynaptic side): Sinapsın alıcı nöron tarafında kalan, sinapsın kuvveti (synaptic strength).

sinirsel ağ (neural network): Çok basitleştirilmiş nöronlara benzer birimlerden yapılmış bir hesap aygıtı. Bu birimler birbirlerine çok değişik biçimlerde bağlanmış olabilirler. Bu bağlantıların kuvvetleri değiştirilmek suretiyle, ağın istenen biçimde davranması sağlanabilir. Bkz 13. Bölüm, sinir biyologu (neurobiologist): Sinir biyolojisi ile uğraşan kişi, sinir biyolojisi (neurobiology): Hayvanların sinir sisteminin biyolojisi. Garip bir tarihsel rastlantıdır ki ruhbilim, sinir biyolojisinin bir parçası olarak kabul edilmez. Üniversitelerde biyoloji kürsüsüne değil başka akademik bölümlere bağlıdır. Sinir biyologlarının sayısı son yîrmibeş yıl içinde korkunç bir artış gösterdi, sinir doktoru (neıırologist).

sinir fizyolojisi (neurophysiology): Sinirbilimin sinir sistemi ve öğelerinin davranışlarıyla, özellikle sinir hücrelerinin nasıl, neden ve ne zaman ateşledikleriyle uğraşan bir dalı.

sinir sistemi anatomisi (neuroanatomy): Sinir sisteminin yapışım ve özellikle nöronları ve bunların nasıl bağlandığını araştıran bir bilim dalı. Sinir biyolojisinin bir dalıdır, sinirbilim (neuroscience).

sinirsel karşılık (neural correlate): Bir duyu, düşünce ya da emrin sinirsel karşılığı, bu ussal etkinliklerle bağlantılı etkinlikte bulunan sinir hücrelerinin doğası ve davranışıdır. Bilincin sinirsel karşılığı henüz keşfedilemedi.

sitokrom oksidaz (eytoehrome oridase): Hücrede mitokondrilerde bulunan ve belli sitokrom moleküllerinden oksijen moleküllerine elektron

aktararak (o molekülleri yükseltgeyerek) hücre solunumunda rol oynayan bir enzim.

SQUID (SQUID (Superconducting Quantum Interference Device)): Süperiletken parçacık girişimi aygıtı. Beynin ürettiği çok zayıf manyetik alanlardaki değişimleri saptamaya yarar,

tabıda rasa (tabula rasa): Üzerinde bir şey yazmayan kara tahta, talamus (thalamus): Önbeyin'in beyin kabuğuyla yakından bağlantılı bir bölgesi. Belirgin birçok parçası vardır. Primatlarda ana görme bölgeleri LGN ve yastık buradadır. Beyin kabuğuna giden geçit denilebilir çünkü (koku alma dışında) tüm duyular buradan geçer. Boztepe de denir, talamus aktarımı (thalamie relay).

tek yanlı ihmal (hemineglect (unilateral neglect)): Genellikle beyindeki bir hasar sonucu bu durumda olan bir hasta, görüş alanının her iki yarısındaki şeyleri görmesine karşın, bir tarafta ilginç bir nesne varsa öteki yandaki nesneleri unutur, tepel (apical): tepede bulunan. tepki (response): yanıt, ters iletken (antidromic). şakak lobu (temporal lobe). şekilipueu değişmezi (formcue invariance). timus (thymus): Boyunaltı bezi. "Özden" de denir.

tümkapsamb işlemyeri (global workspace): Bernard Baarsin, beyinde Özel işlemciler arasındaki bilgi alışverişinin sağladığım varsaydığı kuramsal bölgeye verdiği isim, türeme davranış (emergent behaviour): Bkz. türeme özellik.

tüı eme özellik (emergent property): Bir sistemin, parçalarında bulanmayan özelliğine denir. Bilimde "türeme" kavramının gizemli çağrışımları yoktur.

UBG (SOÂ, Stimulus Onset Aysnchrony): Uyarı Başlangıcından Gecikme. Biı* uyarının başlangıcı ile bir sonrakinin başlangıcı arasındaki süre, ussal nitelik (quale): Bir kırmızı rengin kırmızılığı ya da acımn ölçüsü gibi ussal deneyimlerin öznel niteliğini belirten felsefi bir terim. Genellikle çoğul (qualia) olarak kullanılır, ussal olay (mental event). uyarı, uyaran (stimulus).

uyarıcı, uyartıcı (excitatory).

uyarmışız koşullandırma (operant conditioning); Bağımsız davranış koşullandırması, uyartı (excitation).

uydurma, uydurukçuluk (confabulation): Yanlış ya da eksik anımsama ile ilgili, uzanım (projection): Sinirbilimde bir sinir hücresi, aksonu nereye kadar gidiyorsa oraya "uzanır.” Bir A bölgesi B bölgesine uzanıyorsa, A’daki nöronların işaretleri B’ye iletilebilecek biçimde A ile B birbirleriyle bağlantılıdır demektir, uzaysal frekans (spatıal frequency): Görsel bir sistemde, örneğin telden bir ızgaranın sıklığı, belli bir açıda görünen tellerin derece başına düşen sayısıyla ölçülür. Sık bir ızgaranın yüksek bir uzaysal frekansı vardır denir, uzun,dönemli bellek (longterm memory),

üst tepecik (superior colliculus): Beyin sapının tepesinin her iki yanında bulunan sinir hücresi kümelerinden her biri. (Alt omurgalılardaki eşdeğer organa "tektum”, yani "dam” denir.) Üst tepecikler görme sisteminin bir parçasıdır. Gözdeki bazı boğum hücrelerinin uzantıları buradadır. Primatlarda başlıca işlevi göz hareketleriyle ilgilidir ama buradaki bazı sinir hücreleri yastık’a kadar uzandığına göre ayrıca görsel dikkatle de ilgili olsa gerek.

üst şakak oluğu (superior temporal sulcus (STS)):Bkz oluk.

VI, V2 (VI, V2): VI beyin kabuğunun birinci görme bölgesi, V2 İkincisi, vb. Bu adlandırma biraz keyfidir. V5 bölgesine MT deniyor. Şimdilik V6 yok. Beyin kabuğunun bundan başka pek çok görme bölgesi var ama başka kısaltmalar kullanılıyor onlar için.

Wernicke bölgesi (Wernicke’s area): Beynin baskın (dil yetisiyle ilgili) yarıküresinin arkasına doğru bir bölge. İnsan konuşma sisteminin bir parçası. Hasara uğradığında sözyitimi’ne yol açar. Bugün anladığımız biçimiyle basit bir kabule bölgesi değil. Y.Z. (Yapay Zekâ) (A.I. (Articial Intelligence); Zekice davranan bilgisayarların nasıl yapılacağını araştıran bilim dalı. Hem bilgisayar teknolojisini geliştirmek, hem de hem de beynin işleyişini anlamamıza yardım etmek açısından yararlıdır.

yabancı el (alien hand): Beyin hasarı sonucu hastanın elinin, hastanın istenci dışında olduğunu iddia ettiği birtakım basit hareketler yapması durumu, yan oluk (lateral sulcus): Bkz oluk, yandaş (collateral).

yapraklariçi çekirdek (intralamînar nucleus): Talamus'taki gruplaşmaların her biri. Bunlar başlıca çizgili cisimle, ve daha yayılmış biçimde beyin kabuğunun her tarafıyla bağlantılıdırlar, yapıbilinı (architectonics).

yarıkürearası yarık (interhemispheral flssure).

yastık (pulvinar); Talamus'un arkaya doğru sarkık duran büyük bir bölüniü. Primatlarda ana görevi görme ile ilgilidir. Talamus'un öteki görme bölgesi olan LGN'den farklıdır.

yavaş dalga uykusu <slowwave sleep): EEG'deki yavaş dalgalara karşılık düşen, genellilde rüyasız bir uyku biçimi, EEM'siz uyku da denir. Uyku sırasında doksan dakikada bir bu iki aşamanın birinden öteldne (yavaş dalga ve REM) geçilir. Normal olarak yavaş dalga uykusu bir REM uykusu evresinden önce meydana gelir, yenidengirişli yol (reentrant pathway).

yenikabuk (neocortex): Memelilerin beyin kabuğunun ana bölgesi. Neokorteks terimi de kullandır. Öteki bölgeler "eski" kabuk {paleokortex> ve "ilkel" kabuktur (arebicortex). Genellikle "kabuk" ya da "kortelcs" dendiğinde beynin yeni kabuğu kasdedilir.

yoğunlaştırma (condensation): Bilinç altındaki gizil bir karmaşık içeriği ayrıntılarından yalnız bilisi ile ortaya çıkarma (Preud ruhbiliminde), yumurta (oocyte).

yüztanımazlığı (prosopagnosia): Genellikle beyindeki bir hasardan ötürü yüzleri ya da yüzün belli özelliklerini tanıyamama özürü.

yıldızsı hücre (stellate eell): Yıldız biçiminde dendrit ağacına sahip olan nöron. Beyin kabuğundaki "dikenli yddız" denilen türü uyan üretir. Dikensiz türleri ise bastınındırlar.

zihin bilimi (cognitive Science): Zihni inceleyen bir bilim dalı. Bazen “bilişim” ya da 'bilme bilimi” de deniyor. Ana kolları dilbilim, zillin ruhbilimi, ve Yapay Zeka’dır. Stuart Sutherland’a göre “bu terim, bu dalda çalışan ve aslında bilimci olmayanların bilimci geçinmeleri sağlar.” Ayrıca "... Zihmbilimeilerin sinir sistemiyle ilgilendikleri çok enderdir.”

*Kabuk bölgeleri sayıca talamus bölgelerinden fazladır, Her kabuk bölgesi en az bir talamus bölgesiyle ilişkilidir demek, bir talamus bölgesinin genel olarak birkaç kabuk bölgesiyle ilişkili olması anlamına gelir.

*Peki orkestranın yöneticiye gereksinimi var mıdır? Bu zayıf benzetmeyi fazla çekip uzatmamakta yarar var, ama en azından küçük bir çalgıcı grubunun yöneticiye gerek duymayacağım ama büyük bir orkestranın yöneticisi olması gerektiğini belirtmek önemli olabilir.

*Bir de Quanfeng Wu’nun daha basılmadan bana gönderdiği bildirilerde.

*Sör John Eccles daha önce Özgür îrade’nin merkezinin ek hareket bölgesi olan 24. Bölge yakınlarında olabileceğini önermişti.

Ek Okumalar

“Kitap yazmanın sonu yoktur; ve çoğu uğraş gibi bedeni yorar."

Tevrat (4. Kitap, 12. Bölüm, 12. Satır)

Bu çeşitli konuları kapsayan ve oldukça kişisel bir seçme kitaplar listesi. Kitapların bir kısmı ortalama okuyucu için uygun; ötekiler ise biraz zor. Hangi konuyu izleyeceğinize karar vermenizde kolaylık sağlamak için altı geniş kapsamlı başlık altında sıraladım kitapları. Bu sınıflandırma ister istemez biraz keyfi olmak zorunda. Kitaba ve bazen yazarına ilişkin kısa görüşümü de her kitabın künyesinin altında belirttim.

GENEL

Colin Blakemore. The Mind Machine. BBC Books, 1988.

Blakemore hem beyin ile hem de akıl ile geniş anlamda ilgilenen bir İngiliz fizyologu. Bu BBC televizyon dizisinin kitabında akla ilişkin pek çok yön ele almıyorhatta bilinçten bile tasaca söz ediliyor. "Çok okunaklı”.

JeanPierre Changeaux. Neuronal Man: The Biology of Mind. Çeviren L. Garey. Pantheon, 1985.

Changeaux özellikle sinir biyolojisi ile ilgilenen bir Fransız molekül biyologu. Bu kitabında kolay okunabilecek bir biçimde insan ve öbür hayvanların beynini değişik yanlarıyla ve bazı ilginç tarihsel bilgileri de ekleyerek anlatıyor. Bilince ilişkin söylediği ise oldukça az.

Stephen M. Kosslyn ve Olivier Koenig. Wet Mind: The New Cognitive Neuroscience. The Free Press, 1992.

Ortalama okuyucuya yönelik bu kitap okuma, dil, hareketlerin denetimi ve görsel algılama gibi beynin işlevinin pek çok yönünü kapsıyor. Etabın adı, beynin yaptığı şeyin akıl olduğu düşüncesinden kaynaklanıyor Beyin “yaş,” oysa bilgisayarlar <fkıra”dur. Sinirsel ağlar konusunda birşeyler var ama nöronların kendisine ilişkin pek birşey yok. Bilinç son bölümde ele almıyor. Okumaya değer ama ben Kosslyn’in bilinç kuramından kuşkuluyum. Etap açık seçik ve kolayca anlaşıkı* yazılmış.

Gerald M.İdelman. Bright Air, Briüiant Fire. Basic Books, 1992.

Edelman şimdilerde gelişim biyolojisi ve beynin kuramsal modelleri üzerinde çalışan bir molekül biyologu. Aşağı yukarı önceki üç kitabındaki kapsamı koruyup, daha genel bir okuyucu kitlesine seslenmeyi hedefliyor. Edelman’m öykülerinden bazıları arkadaşlarına çok yafan gelse de basılı sayfa üzerinde pek iyi durmuyor.

AKILBEDEN SORUNU '

John R.Searle. The Rediscouery ofthe Mind. Bradford Books, MIT Press, 1992.

Searle bir feylesof. Bu kitabı aslında afalbeden sorunu üzerineymiş gibi görünse de, aslında sıradan Y.Z. yaklaşımına karşıt olan görüşünün

ayrıntılarını yazmış. O bir ikilici değil; bilinç durumlarının basitçe beynin üst düzeyde nitelikleri olduğuna inanmayı yeğliyor. Searle nöronların bunu nasıl yapıyor oldukları ya da anlamı nasıl temsil ettikleri sorunlarım ele almıyor. Beyni antropomorf ediyor [fazlasıyla insan kimliğine büründürüyor Ç.N.] olabileceğimiz ve işleyişini ayrıntılarıyla öğrendiğimizde ona ilişkin şimdiki düşüncelerimizden eser kalmayacağı yolundaki görüşlerine katılıyorum.

Michael Lockwood. Mind, Brain and Quantum: The Compound “I.” Blackwell Publications, 1989.

Lockwood Oxfordlu bir felsefeci, Bilincin maddeci görüş için bir sorun olduğunun farkında ama kuvantum mekaniği paradokslarının tam olarak anlaşılmasının bunun çözümüne yardımcı olacağım umuyor. Bunun nasıl olacağı konusunu karanlıkta bırakıyor ve Herbert Fröhlich’in pek az bilimcinin güvenilir bulduğu düşüncelerine bel bağlıyor. Beyne ilişkin edineceğimiz bilgilerin işimize yaramayacağına inanıyor. Kolay okunacak bir kitap değil.

Paul M.Churchland. Maiter and Comciousness. Bradford Books, MIT Press, 1984.

Paul Churchland şimdi San Dîego’da çalışmakta olan Kanadalı bir feylesof. Kendi açıklamasına göre, “çıkarıcı" bir maddeci. Beyni çoğu feylesoftan daha iyi biliyor. Şu andaki ruhbilimsel düşüncelerimizin çoğunun gerçeğe kaba bir yaklaşım olduğunun kanıtlanacağı görüşüne ben de katılıyorum. Okunması kolay,

Paul M.Churchland. A Neurocomputational Perspectiue: The Nature of Mind and the Stmcture of Science. Bradford Books, MIT Press, 1989.

Yazarın ussal nitelikler, gündelik ruhbilim, sinirsel ağlar ve öteki konulardaki görüşlerini genişletip güncelleştiren tartışma yazılarından oluşuyor. Kitap bu meseleler üzerinde felsefecilerin günümüzdeki anlaşmazlıklarından da söz ediyor.

Daniel C, Dennett. Consciousness Explained. Little, Brown, 1991.

Dennett hem nıhbilimden anlayan hem de biraz beyni bilen bir feylesof. Fikirleri ne kadar ilginç de olsa kendi belagatının etkisinde kalmış gibi. Başkca hedefi “Kartezyen Sahne/’ yani beyinde bilincin bulunduğu yer. Bunda haklı olabilir, ancak çeşitli yerlere dağılı birden fazla Kartezyen sahneler de bulunabilir. Bilinci bir süreç olarak, kendi deyişiyle “çok aşamalı” bir model ile tanımlıyor. Bu düşünce de epey doğruluk taşıyor bence. Beynin hiç olmamış bir olayı aktarması ile gerçekten olmuş bir olayı sonradan çarpıtarak aktarması olayım ayırt etmenin olanaksız olduğunu düşünüyor. Ben ise beyinde bu işlem sırasında tam olarak ne olduğunu bilebilirsek bu ayrımı yapabileceğimize inanıyorum. “Boşlukları doldurma" konusunda biraz havada kalıyor (dördüncü ve onbirinci bölümlerdeki tartışmama bakınız) ve ussal nitelikler konusunda hiç yardımcı olamıyor.

Dennett, düşüncelerini desteklemek için yarım ağızla birtakım deneyler öneriyor. Bn deneylerin hepsi de ruhbilimsel nitelikte olduğundan, kitabından sinirbilimsel yöntemlerle deneysel doğrulanmanın gerekli olduğu imkanı yok çıkarılamaz.

Patricia S. Churchland. Neurophilosophy: Toward a Unified Science ofthe MindBrain. Bradford Books, MIT Press, 1986.

Patricia Churchland ilk sinirbilimci felsefecilerden; yani beyin, nöronlar ve sinirsel ağlar konusunda ayrıntılı bilgisi var. Kitabının ilk üçte biri sinirbilime bir giriş sağlıyor. İldncisi bilim felsefesinde yakın zamanlardaki gelişmeleri ele abyor. Sonunda da beynin işlevi konusunda şimdi biraz eskimiş kuramlardan söz ediyor. Bir esinti gibi okunacak bir üslupla yazılmış.

Ray Jackendoff. Consciousness and the Computational Mind, Bradford Books, MIT Press, 1987.

Jackendoff dil ve müziğe özel ilgisi olan bir zihinhilimci. Bu kitapta ortadüzeyde bilinç kuramını ortaya koyuyor. Buna göre, örneğin düşüncelerimizin doğrudan farkında olamayız, yalnızca bu düşüncelerin içimizde ürettiği sessiz konuşma ve görüntülerin farkındayızdır. Bendeki ikinci ve ondördüncü bölümlere bakınız. Açık seçik yazılmış ama ilk okumada kavranması pek kolay değil.

Bernard Baars. A Cognitive Theory of Consciousness. Cambridge University Press, 1988.

Baars bilinç sorununu ciddiye alan tek tük zihinbilimciden biri. Kitabında genel bir bilinç kuramını tümkapsamh işlemyerini tanımlıyor ve bilincin pek çok yanını geniş kapsamlı biçimde özetliyor. Baars her ne kadar nöronlarla ilgiliyse de bu kitabında onları çok az ele alıyor. Onun düşüncelerini ben ikinci ve onyedinci bölümlerimde tartışıyorum.

Roger Penrose. The Emperor’s New Mind. Oxford University Press, 1989.

Penrose çok ünlü bir matematikçi ve kuramsal fizikçi. Beynin hiçbir Turing cinsinden bilgisayarın yapamayacağı karmaşıklıkta işlemleri yerine getirebileceğine inanıyor. Fiziği eksik buluyor çünkü henüz bir kuvantum yerçekimi kuramı yok, Penrose yeterli bir kuvantum yerçekimi kuramının bilincin gizemini açıklayabileceğini umuyor, ama bunun nasıl olabileceği konusunu kendisinden beklenmedik biçimde karanlıkta bırakıyor. Savının temelinde yatan şu: bilinç gizemli, kuvantum yerçekimi de gizemli, eb biri ötekini açıklasa ne harika bir şey olur! Etabın çoğu Turing makineleri, Gödel’in kuramı, kuvantum kuramı ve zamanın oku gibi konuların büyük bir derinlik ve berraklıkta açıklanmasına ayrılmış. Beynin özelliklerine ilişkin az bir şey var ama ruhbilimi üzerine hemen hiçbir şey yok. Penrose bir Plantoncu, pek az kişinin ortak zevki bu. Ana düşüncesi doğru çıkarsa müthiş olur.

Kari Popper ve John C. Eccles. The Self and İh Brain, SpringerVerle.g, 1985.

Popper bir feylesof, Eccles ise bir sinirbilimci. Etapta üç bölüm var: birincisi Popper’dan, İkincisi Eccles’dan, üçüneüsünde ise ikisi arasındaki bir konuşma yer alıyor. Her ikisi de ikilici makinenin içinde bir hayalet olduğuna inanıyorlar. Görüşlerinin ne birine ne de Ötekine yakınlık duyuyorum. Onlar da benim için aynı şeyi söylüyorlardır,

John C. Eccles. Evolution of the Brain: Creation of the Self. Routledge, 1989.

Ana konusu insan beyninin evrimleşmesi. Sondaki bölümler yazarın düşüncelerini Popper ile birlikte yazdığı The Self and Its Brain kitabına göre daha bir güncel kılıyor.

Gerald M. Edelman. The Remembered Present: A Biological Theory ofConsciousness. Basic Books, 1989.

Bu, yazarın düşüncelerini ortaya koyan bir dizi akademik kitabın üçüneüsü, Edelman bu konulan dört bir yanıyla biliyor. Ancak nedense kendi kavramlarından (sinirsel takım seçimi, sinirsel Darwincilik ve yenidengirişlî çevrimler gibi) aşırı boşlanıyor. Açıklayıcüığından çok çoşkusuyla dikkati çeken bir meraldi.

Nicholas Humphrey. A History of the Mind: Evolution and the Birth of Consciousness. Simon & Schuster, 1992.

Humphrey Cambridge Üniversitesinden bir sinirbilimci. İngiliz sevimlilikleriyle dolu kitabı kolayca okunabiliyor. Bilincin tartışıldığı bir noktaya götürüyor okuru. Edelman gibi geribeslemeli döngülerin önemini vurguluyorsa da bunların tam olarak hangilerinin bilinç için elzem olduğu konusunu biraz karanlıkta bırakıyor. Sinirsel ağların girişlerindeki bağlaşımları tanımayı öğrenebildiği düşüncesine yer vermiyor.

A. J. Marcel, ve E. Bisiach, (editörler). Consciousness in Contemporary Science. Oxford University Press, 1988.

Her telden çalıyor a a böylelilde bilinç sorununa getirilen yaklaşımların çeşitliliğini ortaya koyuyor. Akademik bir okur kitlesine sesleniyor.

Donald R. Griffin. Animal Minds. University of Chicago Press, 1992,

Griffîn bir biyolog. Hayvanlarda bilinç var mıdır? Kitap bu sorunu derinlemesine tartışıyor. Griffin en azından bir kısmının bilinçli olduğuna inanılır bir biçimde öneriyor ve bu konudaki dogmacı kestirip atmalara karşı uyarıyor bizi, Bilincin sinirsel temeli anlaşılmadan kesinkes yamtlanamayaeak bir soru bu.

YAPAY ZEKÂ VE SİNİR AĞLARI

Margaret A. Boden. Artificial Intelligence and Natuml Man. Basic Books, 1977.

Boden Rem bir felsefeci, Rem de ruhbilimci. Etabı yazıldığı zamandaki Y.Z. {Yapay Zeka) tanımım iyi aktarıyor. Daha geniş anlamdaki etkilerini de tartışıyor. .

Patrick Henry Winston, Artificial Intelligence, 3rd ed. AddisonWesley Publishing Co., 1992, .

Bu konu üzerinde yararlı bir ders kitabı,

Marvin Minsky. The Society of Mind. Simon & Schuster, 1985.

Minsky Y.Z.'mn babalarından sayılır. Çok uzatılmış kitabında aklın nasıl işlediği üzerindeki olgunlaşmış düşüncelerini belirtiyor. Okurken, sanki Minsky yüksek sesle düşünüyormuş gibi geliyor. Etabın adı ana fikrini özetliyor ama Çeşitli konularda kitabın orasına burasına serpiştirilmiş yeni çığırlar açabilecek görüşler de var. Beyin üzerinde ise hemen hiçbir şey yok.

Ailen Newell Unified Theories of Cognition. Harvard University Press, 1990.

Newell genel bir zihin kuramının olabileceğine inanıyordu, çoğunluğa göre olasılığı az da olsa. Arkadaşları ile SOAR olarak adlandırdıkları genel bir insan zihni mimarisi tasarladılar. Beynin genel tarzdaki sınırlamalarını, örneğin nöronların tepki süresini gözönüne alıyor ama bunun dışında sinirbılimle en ufak bir ilgisi yok. SOAR temelinde düşünme, zeka ve ani tepkilerle uğraşıyor ama algılamayı atlıyor. Newell onun bir "bilinç" değil de bir "farkındalık" kuramı sağladığım iddia ederken bununla ussal nitelikleri kastediyor. SOAR daha çok bir saniye ve daha uzun süreli süreçlerle ilgileniyor, oysa ben bundan çok daha loşa sürenler üzerinde yoğunlaştım. SOAR'da, Y.Z.'ya dayalı genel modellerin çoğuna oranla daha fazla beynimsi özellikler var. Ancak beynin gerçekten nasıl davrandığıyla herhangi bir benzerliği olup olmadığını zaman gösterecek. '

Andrew Blake ve Tom Truscianko (editörler). Al. and the Eye. Ne w York: Wiley, 1990.

Bu kitapta, görsel ruhbilimcilerle Y.Z. konusunda çalışanları biraraya getiren uluslararası bir konferansta sunulan bildiriler toplanmış. Bildiriler Y.Z. yaklaşımının beyni anlamamıza yardım edeceği yolunda pek bir kanıt göstermiyor, ama bu yönde harcanan çabaları örnekliyor.

Wüliam F. Âllman, Apprentices of Wonder: inside the Neural Netmork Revolution. Bantam Books, 1989.

Bir bilim gazetecisinin yazdığı bir solukta okunan bir kitap. îçinde bu konularla ilgili insanlarla yapılmış söyleşiler var. Sinirsel ağlar ve onların nasıl ortaya çıktıklarına ilişkin biraz daha birşeyler öğrenmek için kolay bir yol.

Maureen Caudill ve Charles Butler. Naturally Intelligent Systems. Bradford Books, MIT Press, 1990.

Sinirsel ağların dört başı mamur bir özeti, iki “ağcı” taralından oldukça açık seçik yazılmış ve bu konuda daha fazla öğrenmek isteyenler için iyi ve basitçe bir başlanpç sağlıyor. İçinde çok yarayışlı bir de sözlük var. Sinirsel ağlarına taktıkları “neurode” terimi başkalarınca kullanılmıyor.

William Bechtel ve Adele Abrahamsen, Connectionism and the Mind: An Introduction to Parallel Processing in Netvrorks. Basil Blackwell, 1991.

Öğrenciler için oldukça okunaklı bir başlanpç. Başlıca konusu ağlar, ancak daha genel meseleler de bir miktar tartışılıyor. Nöronlar üzerine pek bir şey yok, bilinç konusunda ise hiç.

Patricia S. Churchland ve Terence M. Sejnowski. The Computational Bmin: Models and Methods on the Frontiers of Computational Neuroscience. Bradford Books, MIT Press, 1992.

San Diego’daki iki yakın çalışma arkadaşım tarafından yazılmış bu kitap yalnızca hesap işlemleri ve sinirsel ağlara ilişkin çağdaş düşünceleri tanımlamakla kalmayıp bunların gerçek biyolojik sistemlere nasıl

uygulanabileceğinin örneklerini de veriyor. Benim sinirsel ağları çok basit olarak tanıtan onüçüncü bölümümde anlatılanın devamım izlemek isteyenler için son derece gerekli bir okuma malzemesi. .

Steven F. Zornetzer, Joel L. Davis ve Clifford Lau (editörler). An Introduction to Neural and Electronic Netmorks. Aeademic Press, 1990.

Bu kitap gerçek nöronları, silisyumdan yapılmış nöronları ve sinirsel ağ modellerini anlatıyor, içindeki çeşitli makaleler molekillerden matematiğe uzanan değişik alanlarda çahşan öncüler tarafından yazılmış. Şimdilerde üzerinde durulan yaklaşımların yelpazesi halikında iyi bir fikir veriyor.

David E. Eumelhart, James L. McClelland ve PDF Araştırma Grubu, Parallel Distribuied Processing, 1. Ve 2, Cilt. Bradford Books, MIT Press, 1986.

Sinirsel ağlar devrimini başlatan bu kitap bu arada en çok satan bir akademik kitap olma yolunda, Artık biraz eskimiş denilebilir. Baştaki ilk dört bölüm ve sonuç bölümü bu konunun o zamanlarda ne aşamada olduğunu çok iyi veriyor.

M. Abeles, Corticoııics: Neural Circuits ofthe Cerebral Cortex. Cambridge University Press,1991.

Yazar İsrailli bir sinir fizyologu. Kitabın adı “beyin kabuğu” ve “elektronik” terimleri biraraya getirilerek uydurulmuş. Kitap beyindeki nöron devrelerinin olası genel nitelikleri üzerine ilginç birtakım savlar sunuyor. Yeni başlayanlara öğütlenmez.

Eric L. Schwartz (editör). Computational Neuroscience. Bradford Books, MIT Press, 1990.

Çok yazarlı bu yapıt biyolojik sistemlerden yapay sinirsel ağlara kadar bir yelpazeyi tarıyor. Bu akademik kitap sinir ağlan devriminin oluşturduğu hareketin çıkışını çok iyi gözler önüne seriyor.

ZÎHİNBÎLÎM

Hovrard Gardner. The Mind’s New Science: A History of the Cognitive Revolution. Basic Books, 1985.

Zihmbilim ve kaynağının geniş anlamda bir tanımı. Okunması zor değil.

Philip N. JohnsonLaird. Mental Models. Harvard University Press, 1983; ve; An Introduction to Cognitive Science. Harvard University Press, 1988.

JohnsonLaird aslında İngiliz olup şimdi Princeton’da çalışan zihinci bir ruhbihmci. Mental Models (Ussal Modeller) daha çok dil ve anlam çıkarma üzerine ama bilinç ve hesap işlemleri konusunda kısa bir bölümü de var. The Computer and the Mind (Bilgisayar ve Ahi) ise içlerinde görsel farkındalığın da bulunduğu daha çeşitli konulan işliyor. Her iki kitap da derin olmakla birlikte okunması oldukça kolay. Yazann düşüncelerine ilişkin söylediklerim için ikinci ve ondördüneü bölümlere bakınız.

Michael I. Posner (editör). Foundation of Cognitive Science. Bradford Books,

MIT Press, 1989.

Zihinbilimi enine boyuna öğrenmek isteyenler için akademik bir kitap. Bilinç hakkında hiçbir şey yok, Yalnızca bir bölümünde nöronlardan söz ediliyor.

Stnai't Sutherland. The International Dictionary of Cognitive Psychology. Maemillan Ltd., 1989.

Ruhbilimde ve ona yakın bazı alanlarda kullanılan teknik terimlerin çoğunu kapsıyor. Sutherland’m ruh analizi gibi belli dallarda keskin görüşleri var. Aşkı alışılmışın çok dışında tanımlıyor.

D. O. Hebb. Organization ofBehavior. (İlk kez 1949’da basılmış.) Wiley, 1964.

Daha çok şimdi “Hebb kuralı” olarak bilinen (onüçüneü bölüme bakınız) olayı açıkça belirtmesi ve salınım devrelerini belirsizce de olsa önermesinden ötürü akılda kalan bir kitap. .

William James. The Principles of Psychology. (İlk kez 1890’da basılmış.)

Harvard University Press, 1981.

D. O. Hebb. Organization ofBehavior, (İlk kez 1949,da basılmış.) Wiley, 1964. Daha çok, şimdi "Hebb kuralı” olarak bilinen (13. Bölüme bakınız) kuralı açıkça belirtmesinden ve oldukça daha az açık bir biçimde salınım devrelerini önermesinden ötürü akılda kalan bir kitap.

William James. The Principles of Psychology. (İlk kez 1890’da basılmış.) Harvard University Press, 1981.

Kuşkusuz bir klasik. Yaşma rağınen hâlâ okunmaya değer. O günlerde bilincin ruhbilimde önemli bir konu olduğunu gösteriyor, İkinci bölümümde ondan alıntılar var.

GÖRSEL ALGILAMA

Irvin Roelc. Pereeption. Scientific American Libraıy, Dağıtımcısı W, H. Freeman, 1984.

Görsel farkındalığa giriş için mükemmel bir başlangıç. Yazarı, görme sisteminin davranışı üzerindeki araştırmalarıyla çok iyi tanınmış bir ruhbilimci. Derin bir kitap olmakla birlikte okunması kolay ve bol şekilli. Bilinçten tek bir söz bile yok; beyin ve nöronlara ilişkin çok az birşeyler var,

Robert Sekuler ve Randolph Blake. Pereeption, 2nd ed. McGrawHill, 1990.

Her iki yazar da ruhbilimci. Etap daha çok görmeye ayrılmış ama bütün duyulan konu ediyor. Daha çok öğrencilere hitaben ama sokaktaki adamın

da anlayabileceği bir dille yazılmış. Ana konu ruhbilim, biraz da beyin var. Bilinç maalesef.

David Marr. Vision. W. H. Freeman, 1983.

Yazarın düşüncesi o kadar berrak ve kendi görüşünü o kadar kuvvetle ortaya koyabiliyor ki klasikler arasına girmeye aday bir kitap bu. Hem genel tavımın, hem de ayrıntılı önerilerinin pek çoğunun şimdi artık modası geçmiş gibi. Ancak yine de sorunun dikkatli biçimde çözümlenmesi yolundaki ve belirgin bir model üretmenin önemi konusundaki ısrarları geçerliliğini sürdürecek görünüyor. Ölümünden sonra basıldı.

Gaetano Kanisza. Organization of Vision: Essays on Geştalt Perception. Praeger 1979.

Kanisza bir İtalyan ruhbilimcisiydi. Kitapta çoğu yazar tarafından tasarlanmış ve görme sistemimizin davranışının değişik yanlarını gözler önüne seren çok sayıda çarpıcı şekil var. Bir klasik olabilir pekala.

Susan Petry ve Glenn E. Meyer (editörler). The Perception oflllusoıy Contours. SpringerVerlag, 1987.

Bir konferansa dayak çok yazarlı bir kitap. Çok sayıda aldatıcı kenar çizgileri örnekleri ve bunlara ilişkin yine çok sayıda açıklamalar veriyor. Yalnızca bu

konuya derin ilgi gösterenler için.

Mark H. Johnson ve John Morton. Biology and Cagnüive Development: The Case of Face Recognition. Blaekwell, 1991.

Hemen herkesin ilgi göstereceği bir konuda iyi yazılmış bir kitap. Akademili ama okuması bir zevk. Zor olan insan yavrusunda bilinç konusunu dışarıda tutuyor.

L. Weiskrantz. Blindsight: A Case Study and İmplications. Oxford University Press, 1986. '

Hem konuya bilirkişi ağzından genel bir bakış sağlıyor, hem de yazarın daha önce yayınlanmamış çalışmalarının ayrıntılarını veriyor. Yakın zamanlardaki gelişmelere bir zemin oluşturmaya yarar.

Stephen Michael Kosslyn. Ghosts in the Mind's Machine, W.W. Norton, 1983.

Kosslyn ussal imgelemin bilimsel olarak araştırılmasına öncülük edenlerden biri. Bu ilginç konuda ben dişe dokunur bir şey söylemedim. Okunması epey kolay.

Alan Baddeley. Human Memory: Theory and Practice. Âllyn and Bacon, 1990.

Baddeley bir İngiliz ruhbilimci. Belleği pek çok yönüyle, sık sık tarihsel temeliyle birlikte işliyor. Oldukça ayrıntılı olmasına karşın epey okunaklı bir tarzda yazılmış. Beyinde hasar ve sinir ağlan var bir miktar ama gerçek nöronlar üzerine hiçbir şey yok.

Bela Julesz. Foundations ofCydapean Perception. University of Chicago Press, 1971.

Julesz yıllarca Bell Telefon Laboratuvarlarmda çalışmış bir Ingiliz ruhbilimci. Benekli stereogramlan icat ederek stereo görmeye ilişkin düşüncelerimizde devrim yarattı. Araştırmasının çok aynntık olarak anlatan bu kitap bir klasik sayılmaktadır.

R. L. Gregory ve E. H. Gombrieh (editörler), lilusion in Nature and Art, Duckworth, 1973.

Gregory bir İngiliz görsel ruhbilimci. Gombrieh ise çok tanınmış bir sanat eleştirmeni. Dört Ingilizin daha katılmasıyla genel okuyucu kitlesine hitaben yazılmış, Kitap hem doğa, hem de sanat hakkında ilginç gözlemlerle dolu.

Horace Barlow, Colin Blakemore ve Miranda WatsonSmith. Images and Understanding, Cambridge University Press, 1990.

Bakıyorum önsözünü ben yazmışım, “bu Mtap yediden yetmişe herkes için bir ziyafet” diyerek. Kitap büyük bir çeşitlilikte; nöronlardan beyine, hareketli resimlere, dans ve karikatüre değin.

SİNİRBİLİM

John E. Dowling. The Retina: An Approachable Part of the Emin. Harvard University Press, 1987,

Dowling uznn yıllar ağtabaka üzerinde çalıştı. Daha çok öğrencileri hedefleyen kitabı, bu konuya iyi yazılmış genel bir bakış sağlıyor,

David H. Hubel. Eye, Brain and Vision. Scientifie American Library. Dağıtımcısı W. H. Freeman, 1987.

Memelilerin görme sisteminin ilk katlarım anlatan, kalburüstü bir sinir fizyologu tarafından yazılmış çok okunaklı ve bol resimli bir kitap. Hubel ruhbilime (ruhfiziği) yatan zamanlarda geçmiş bir kişi. VI ve V2 kabuk bölgelerinin ötesine geçmekten çekiniyor oldukça. Bilince ilişkin hiçbir şey yok.

Semir Zeki. A Vision of the Brain. Blackwell Scientifie Publications, 1993.

Zeki, maymunun görme sisteminin VI ve V2 bölgeleri ötesinde araştırılmasına öncülük etmiş, çok tanınmış bir İngiliz sinirbilimci. Kitap kendi çalışmaları ve özellikle renkli görmeye olan ilgisi çevresinde dönüyor. Alt şakak (IT) kabuğu oldukça az geçiyor. Kısa bölümlerde son derece çeşitli deneysel ayrıntıların açık seçik anlatımıyla pek çok genel ama derin gözlemler bira raya getirilmiş. Son bölüm görme bağlamında bilinci ele alıyor. Başlıca öğrencileri hedef alan bu kitap görmenin sinirbilimi hakkında daha çok şey öğrenmek isteyen herkes için uygun. Kolay ve okunaklı bir üslupla yazılmış.

Colin Blakemore (editör). Vision: Coding and İffıciency. Cambridge University Press, 1990. '

Bu kitap görme sistemi üzerine çok sayıda çığır açıcı düşüncenin sahibi Horace Barlow anısına toparlanmış bir dizi bilimsel makaleden oluşuyor. Görmeye . ilişkin değişik konulan kapsıyor. Akademik bir kitleyi hedef alıyor. En baştaki Barlow'un yazdığı kısa parça ise zevkle okunuyor.

Marttıa J. Farah. Visual Agnosia: Disorders of Object Recognition and What They Teli Us about Normal Vision. Bradford Books, MIT Press, 1990.

Derin, iyi yazılmış bir akademik kitap. Genel okuyucu kitlesine oldukça aşın gelebilecek ayrıntılar görme öğrencileri için çok önemli.

Hamıa Damasio ve Antonio R, Damasio, Lesions Analysis in Neuropsychology. Oxford University Press, 1989.

İlk sinirbilimcinin yazdığı bu kitap MRI gibi türlü tarama yöntemleri kullanılarak, şöyle ya da böyle basara uğramış beyinlere ilişkin ne öğrenebileceğimizi özetliyor. Yara yönteminin yararlarını ve sinirliliğim tartışıyor ve bununla varılan önemli sonuçları anlatıyor. Yazarlar yalmzca kabuk bölgelerinde değil, aynı zamanda kabukla ilişkili bölgelerde de bulunduğu düşündükleri “toplanma bölgelerini tanımlıyorlar. Hasarlı beyinlerin çok sayıda ilginç fotoğrafları var. Esasen tıpçılar ve bilimciler için.

Yadin Dudai. The Neurobiology of Memory: Concepts, Findings, Trends. Oxford University Press, 1989.

Dudai bir sinir biyologu. Akademik bir kitleye yönelik bu kitabı Kaliforniya deniz solucanından başlayıp insana kadar gidiyor. Açık seçik yazılmış derin bir ldtap.

Larry R. Squire. Memory and the Brain. Oxford University Press, 1987.

Squire bir sinir fizyoloğu. Her ne kadar bilimcileri ve öğrencileri hedefliyorsa da, kitabı belleğin bilinen pek çok yönünün okunaklı bir özetini veriyor.

Jobn E, Dowling. Neurons and Networks: An Introductîon to Neuroscience. Belknap Press of Harvard University Press, 1992.

Bu kitap beynin kuramsal modelini oluşturan sinirsel ağlar üzerine değil de smirbilime genel bir başlangıç oluyor. Yazarın Harvard'da öğrettiği başlangıç düzeyindeki derse dayanıyor ve benzeri bir okuyucu kitlesine sesleniyor,

Gordon M. Shepherd (editör). The Synaptic Organization of the Brain, 3rd ed.' Osford University Press, 1990.

Bu meşhur ders kitabının en yeni baskısı. Nöronları, onları oluşturan unsurları ve devreler oluşturacak biçimde biraraya gelmelerini çeşitli dallar bağlamında açıklıyor. Daha çok insan beyninin iyi anlaşılmış parçalarım kapsıyor. Genel okuyucu kitlesi için oldukça fazla ayrıntılı ve oldukça zor.

John. G. Nicholls, A. Robert Martin ve Bruce G. Wallace, From Neurons to Brain, 3rd ed. Sinauer Associates, 1992.

Çok kullanılan bir ders kitabının en son baskısı. Sinir sistemleri konusunda temel bilgileri ortaya seriyor. Bölümlerden birinde ağtabakadan (LGN yoluyla) görme kabuğuna kadar memelilerin ilk katlarım oldukça ayrıntılı bir biçimde anlatıyor ama nasıl gördüğümüz sorusuna ilişkin hemen hiçbir şey yok.

İrie R. Kandel, James H. Schwartz ve Thomas M. Jesell (editörler), Principles of Neural Science, 3rd ed. Appieton and Lange, 1991.

Biyoloji, davranış ve tıp öğrencilerince çok kullanılan bir ders kitabı. Çeşitli yazar]arca yazılmış kitap beyni pek çok yönleriyle ele alıyor. Görme sistemi üzerine birkaç bölümü var. Bunlardan Kandelln yazdığı görmenin ruhbiliminden örnekler vererek görsel algılamanın yaratıcı bir süreç olduğuna işaret ediyor. Kandel ayrıca bağlanma sorunu, dikkat, 40 Hertzlik titreşimler ve bunların görsel farkındalıkla ilgisini tartışıyor.

Philip M. Groves ve George Y. Rebec. Introduction to Biological Pyschology,

4th ed. William C. Brown, 1992.

Görme olayından cinsiyete kadar beynin pek çok yönünü işleyen bîr ders kitabı. Üniversite düzeyindeki öğrencileri hedefliyor.

Walle J. H. Nauta ve Michael Feiertag. Fundamental Neuroanatomy. W. H. Freeman, 1986.

Nauta kalburüstü bir sinir anatomimi. Feirtag ise bilimsel gazeteci. Tıp öğrencilerini hedefliyor ama sinirbilimeiler için yararlı bir başlangıç olabilir. Konunun karmaşıklığı kitabı sıradan okuyucu için oldukça güç kılıyor ama çok kaliteli şekilleri ile bir başvuru kitabı olarak değerli.

Alan Peters ve Edward G. Jones (editörler). Cerebral Cortex, 19 cilt. Plenum, 19841991.

Çok yazarh ve sık kullanılan bir başvuru kitabı. İlk cildi 1984’te çıktı; en son 9. cildi ise 1991’de, îlk baştakiler şimdi biraz eskimiş sayılır.

ldward G. Jones. The Thalamus. Plenum, 1985.

Talamus üzerine hâlâ en çok kullanılan kitap. Yeni baskısını yapsa sevindirecek.

Mircea Steriade ve Bdward G. Jones ve Rodolfo Llinas (editörler). Thalamic Oscillatiom and Signalling. Wıley, 1990.

Üç bilirkişi tarafından konunun akademik düzeyde işlenmesi. Kolay okunacak gibi değil. Son zamanlarda 40 Hertzlik titreşimlere duyulan ilginin çok öncesinde yazılmış.

Irwin B. Levhan ve Leonard K. Kaezmarek. The Neuron: Celi and Moleeular Biology. Oxford University Press, 1991,

İleri düzeydeki öğrencileri hedefleyen bu kitapta iyon kanalları üzerine uzun bir tartışma yer alıyor. Tek bir nöronun molekül düzeyindeki korkunç karmaşıklığım çok iyi aktarıyor.

Zach W. Hail ve arkadaşları. An Introduction to Moleeular Neurobiology.

Sinauer Associates, 1992.

Akademik okuyucu kitlesini hedefleyen iyi ve sağlam bir ders kitabı. Söz konusu edilenlerin karmaşıklığını ve nerelere dek etkilerde bulunabileceğini iyi bir genel bakış ile veriyor.

Kaynakça

I GMŞ

1 K.R. Popper and J.C. Eccles. The Self and İts Brain. New York: SpringerVerlag,

1985.

2 J.C. Eccles. Do mental events cause neural events analûgously to the probabılity fields of quantum mechanics? Proc. Ray. Society Landon B227:411428,1985.

3 H. B. Barlow. Single units and sensation: a neuron doctrine For perceptual psychology? Perception 1:137394,1972.

4 F. Jacob. Evolution and tinkering. Science 196:116166,1977

II. BİLİNCİN GENEL DOĞASI

1 S.M. Kosslyn. Ghosts in the Mind’s Maehine. New York: W. W. Norton & Co,, 1985.

2 P.N. JohnsonLaird. Mental Models. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press, 1983.

3 P.N. JohnsonLaird. The Computer and the Mind: An Introduction to Cognitive Science. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press, 1988,

4 R, Jackendorff, Consciousness and the Computational Mind. Cambridge, MA: Bradford Books, MIT Press, 1987.

5 B. Baars, A Cognitive Theory of Consciousness. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1988.

6 F. Crick and C. Koch, Toward a Neurobiological theory of consciousness. Seminars Neurosc 2:26375,1990.

III. GÖRME

1 G. Kanisza. Örganization in Vision: E&says on Geştalt Perception. New York: Praeger Publishers, 1979,

IV. GÖRME RUHBİLİMİ

1 I. Rock and S. Palmer, The legacy of Geştalt psychology. Re Am Dec:8490,1990.

2 K. Nakayama and S. Shimojo, Experiencing and perceiving visual surfaces. Science 257:135763,1992.

3 A. Chaudhuri, Modulation of the motion aftereffect by selective attention, Nature 344:6062,1990,

4 V. S. Ramachandran, Blind spots. ScAm 266:8691,1992. .

5 V. S. Ramachandran and R. L. Gregory, Perceptual filling in of artifieially induced scotomas in human vision. Nature 350:699702,1991.

6 V. S. Ramachandran, Filling in gaps in perception: Part 2., scotomas and phantom limbs. Curr. Direct Psychol Sc 2:5665,1993.

V. DİKKAT VE BELLEK

1 M. I. Posner and D. E. Presti, Seleetive attention and cognitive control. Trends Neurosc. 10:1317,1087.

2 S. J. Luck, S. A. Hillyard, G. R. Mangun and M. S. Gazzagnia, Independent hemispheric attentional systems mediate visual search in split brain patients. Notun 342:5435,1989.

3 S. Yantis, Multielement visual tracking; attention and perceptual organization. Cogn Psychol 24:295340,1993.

4 G. C. Baylis and J. Driver, Visual attention and objects: evidence for hierarchical coding of location. J Exp Psychol 19:120,1992.

5 B. Julesz, Early Vision is bottoıuup, exce.pt for focal attention, Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, The Brain 55:9738,1993,

6 A. M. Treisman, M. Sykes, and G. Gelade, Seleetive attention and stimulus integration. In: S. Dornic (ed.} Attention and Performance VI, pp 33361. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1977.

7 H. Egeth, R, A. Virzi, and H. Garbart, Searching for conjunctively defined targets. J Exp Psychol: Human Perception and Performance 10:329,1984.

8 A. Treisman and S. Gormican, Feature analysis in early vision; evidence from search asymmetries. Psychol Rev 95:1548,1988.

9 A. Treisman and H. Schmidt, Illusory conjunctions in the perception of objects. Cogn Psychol 14:10741, 1982.

10 K. R, Cave ani J. M. Woîfe, Modeling the role of parallel processing in visual search. Cogn Psychol 22:22571,1990.

11 J. Duncan and G. W. Humphreys, Visnal search and stimulus similarîty. Psychol Rev 96:43358,1989,

12 Y. Dudai, The neurobiology of memory: Concepts, Findings, Trends. Oxford, ngland: Oxford Unıv Press, 1989,

13 G. Sperling, The Information available in brief visula presentations. Psychol Monographs 74: Whole no. 498,1960.

14 A. Baddeley, Human Memory: Theory and Prâctice. Needham Hgts, MA: Alynn & Bacon, Inc., 1990.

15 The impairment of auditoryverbal shortterm storage. In: G. Vallar and T, Schalliee (eds.), Neuropsychological İmpairments of Shortterm Memory (pp. 1153). Cambridge, England; Cambridge Univ Press, 1990.

VI. ALGILAMA ANI: GÖRME KURAMLARI

1 B. Libet, Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will involuntary aetion, Behav Brain Sc 8:52966, 1985,

2 R. Efron, The duration of the present. Annals NYÂcad Sc 138:367915,1967.

3 R. I. Reynolds, Perception of an illusoıy contour as a funetion of processing time. Perception 10:10715,1981.

4 V. S. Ramachandran, kişisel yazışma. Aynca V, S. Ramachandran, In; A. Blake and T. Troscianko (eds.), Al. and the Eye, pp. 21*77. Chichester, England: John Wiley & Sons, Inc., 1990.

2

VIII. NÖRON

1 M. Hollmann and S. Heinemann, Cloned glutamate receptors. Ann Rev Neurosc 17:31108, 1993.

IX. DENEY TÜRLERİ

1 G, A. Öjemann, Organization of langıage cortex derived from investigations during neurosurgery. Sem Neurosc 2:297305,1990.

2 F. Crick and E. Jones, Backwardness of human neuroanatomy. Nature 361:10910,1993.

3 H. J. Neville, Intermodal competition and compensation in development: evıdence from studies of the visual system in congenitally

deaf adults. Ann NY Acad Sci 608:7191,1990.

4 A. W. Roe, S. L. Pallas, Y. H. Kwon, and M. Sur, Visual projections routed to the auditory pathway in ferrets: receptive fields of visual neurons in primary auditory cortex. J Neurosc 12:36513664,1992.

5 J. V. Pardo, P. J. Pardo, K W. Kaner, and M. E. Raichle, The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm, Proc Natl Acad Sci USA 87:25659,1990.

6 V. P. Clark, E. Courcheene, and M. Grafe, In vivo myeloarchitectonic analysis of human striate and extrastriate eortex using magnetie resonance imaging. Cerebral Cortex 2:41724,1992.

7 E, Neher and B. Sakmann, The patch clamp technique. Sc Am March:4451,1992.

X. PRİMATLARDA GÖRME SİSTEMİ İLK KATLAR

1 D. L. Sparks, D. Lee, and W. H. Rohrer, population coding of the diredi on, amplitude, and velocity of saccadic eye movements by neurons in the superior colliculus. Cold Spring Harbor Symposia on Qualitative Biology, The Brain 55:80511,1990.

2 P. H. Schiller and N. K. Logothesis, The coloropponent and broadband channels of the primitive visual system. Trende Neurosc 13:39298,1990.

XI. PRİMAT BEYNİNİN GÖRME KABUĞU

1 S. LeVay, D. H. Hubel, and T. N. Wiesel, The pattern of ocular dominance columns in maeaque visual cortex revealed by a reduced silver stain. J Comp Neurol 159:55975,1975.

2 G. Mitchison, Neural branching patterns and the economy of cortical wiring, Proc Roy Soc Lond B 245:1518,1991.

3 D, H. Grosof, R. M. Shapley, and M. J. Hawken, Monkey striate responses to anomalous contours? Investigative Opthalm Vis Sc S

33:1257,1992.

4 R. Von der Heydt, E. Peterhans, and G. Baumgartner, Illusory contours and cortical neuron responses. Science 224:12602,1984.

5 D. J. Felleman and D. C. Van Essen, Distributed Merarchical processing in the primate cerebral cortex. Cerebral Cortex 1:147,1991.

6 J. Allman, F. Miezin, and E. McGuiness, Direction and velocityspecific responses from beyond the classical receptive field in the middle temporal visnal area (MT). Perception 14:10526,1985. ,

7 R. T. Born and R. B. H. Tootell, Segregation of global and local motion processing in primate middle temporal visual area. Nature 357:4979,1992.

8 E. H. Adelson and J. A. Movshon, Phenomenaî coherence of moving visual patterns, Nature 300:5235,1982.

9 G. R. Stoner and T. D. Albright, Neural correlates of perceptual motion coherence. Nature 358:4124,1992.

10 S. Zeki, Colour eoding in the cerebral cortex: the reaction of cells in monkey visual cortex to wavelengths and colours. Neuro&c 9:74165,1983.

XII. BEYİNDE HASAR

1 E. Bisiach and C. Luzatti, Unilateral neglect, representational schema, and consciousness. Cortex 14:12933,1978.

2 O. Saeks ve R. Wasserman, The case of the colorblind painter. NY Rev of Books 34:2534,1987.

3 A. R. Damasio, D. Tranel, and H. Damasio, Face agnosia and the neural substrates of memory. Annu Rev Neurosci 13:89109,1990.

4 D. Tranel, A. R. Damasio, and H. Damasio, Intact recogıilion of facial expression, gender, and age in patients with impaired recognition of face identity. Neurology 38:6906,1988.

5 R. H. Hess, C. L. Baker and J. Zihl, The “motionblind” patient: lowlevel spatial ancftemporal filters. JNeurosc 9:162840,1989.

6 E. K. Warrington and A. M. Taylor, Two categorical stages of subject recognition. Perception 7:695705,1978. .

7 G. W. Humphreys amnd M. J. Riddoch, To See but Not to See: A Case Study of Visual Agnosia. London: Lavvrence Erlbaum Assoc,, 1987.

8 J. W. Brown, The microstructure of perception: physiology and patterns of breakdown. Cogn Brain Theory 6:14584,1983.

9 A. R. Damasio, H. Damasio, D. Tranel, and J. P. Brandt, Neural regionalization of knowledge access: preliminary evidence. Cold Spring Harbor Symposiaon Quantitative Biology, The Brain 55:103967,1990.

10 J. E. Bogen, The eallosal syndromes. In: K. M. Heikoan and E. Valenstein (eds.), Clinical Neuropsychology, pp. 337407. Oxford, England: Oxford Univ Press, 1993.

11 R. W. Sperry, Cerebral organization and behaviour. Science 133:174957,1961.

12 L. Weiskrantz, Blindsight. Oxford, England: Oxford Univ Press, 1986.

13 P. Stoerig and A. Cowey, Wavelength senaitivity in blindsight. Nature 342:9168,

. 1989.

14 R. Fendrieh, C. M. Wessinger, and M. S. Gazzaniga, Residual vision in a seotoma: implicatîons for blindsight. Science 258:148991,1992.

15 D. Tranel and A. R. Damasio, Nonconscious face recognition in patients with face agnosia. Behav Brain Res 30:23549.

XIII. SİNİRSEL AĞLAR

1 C. H. Anderson and D. C. Van Essen, Shifter circuits: a eomputational strategy for dynamie aspects of visual processing. Proc Natl Acad Sci USA 84:6297301,1987.

2 A. Newell, Unified Theories of Cognition. Cambridge, MA: Harvard Univ Press, 1990.

3 W. S. McCulloch and W. Pitts. A logieal calculns of the ideas imminent in neural nets. Bulletin of Mathematical Biophysks 5:11637,1943.

4 F. Rosenblatt, Principles ofNeurodynamics. New York; Spartan Books, 1962.

5 M. Minsky and S. Papert, Perceptrons: Ân Iniroduction to Computational Geometry. Cambridge, MA: MIT Press, 1969.

6 J. J. Hopfield, Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities, Proc Natl Acad Sci USA 79:25548,1982.

7 D. O. Hebb, Organization ofBehavior. New York, NY: John Wüey & Sons, 1964,

8 F. H. Crick ve G. Mitchison, The function of dream sleep. Nature 304:1114,1983

9 F. H. Crick ve G. Mitchison, REM sleep and neural nets. J Mind Behav:22Q 49,

1986.

10 D. Wilshaw, Holography, associative memory, and inductive generalization. In; G. E. Hinton and J. A. Anderson (eds.), Parallel Models of Associative Memory (pp. 83104). Hillsdale, NJ: Lawrence Erbaum Associates, 1981.

11 D. E. Rumelhart, J, L. McClelland and PDP Research Group (eds.), Parallel Distributed Processing. Cambridge, MA: Bradford Books, MIT Press, 1986.

12 T. J. Sejnowski ve C. R. Rosenberg, Parallel networks that learn to pronounce English text. Complex Systems 1:14568,1987.

13 S. R. Lehky and T. J. Sejnowski, Neural network model of visual cortex for determining surface curvature from images of shaded surfaces. Proc Roy Soc Lond B 240:25178,1990. .

14 D. Zipser, Identification models of the nervous system. Neurosc 47:85362,1992.

3

XV. BAZI DENEYLER

1 C. A. Heywood, A. Cowey and F. Newcombe. Chromatic discrimination in a cortically colour blind observer, Europ J Neurosc 3:80212,1991,

2 W.T. Newsome, K.H. Britten and J.A. Movshon. Neural correlates of a pereeptual decision. Nature 341:524,1989.

3 C.D. Salzman, C.M. Murasagi, KH. Britten and W.T. Newsome. Mierostimulation in visual area MT: effects on direction discrimination performance. J Neorosc 12:233155,1992.

4 S. Duensing and B. Miller. The Cheshıre cat effect. Pereeption 8:26973,1979.

5 J.D. Schall and N.K. Logothetis. Neural correlates of subjective visual perception. Science 245:7613,1989

6 V.S. Ramachandran. Form, motion, and binocular rivalry. Science 251:9501,1991.

7 T.P. Piantanida. Temporal modulation sensitivity of the blue mechanism: mesaurements made with extraretinal chromatic adaptation. VisRes 25:143944,1985.

8 R.M. Pritchard, W. Heron, and D.O. Hebb. Visual perception approached by the method of stabilized images. Canad J Psychol 14:6777,1960.

9 M. Fiorani, M.G.P. Rosa, R, Gattass, and C.E. RocheMiranda. Dynamic surrounds of receptive fıelds in primate striate eortex: a physiological basis for perceptual completion? Proc Natl Acad Sci USA 89:854751,1992.

10 M.S: Livigstone and D.H. Hubel. Effects of sleep and arousal on the processing of visual Information in the cat. Nature 291:55461,1981. '

11 J. Moran and R. Desimone. Seleetive attention gates visual processing in the ext rastriate cortex. Science 229:7824,1985.

12 H. Spitzer, R. Desimone, and J. Moran. Increased attention enhanees both behavioral and neuronal performance, Science 240: 33840,1988.

13 D.L. Robinson and S.E: Petersen. The pulvinar and visual salience, Trends Neurosc 15:12732, 1992.

14 C.H. Anderson and D.C. Van Essen. Shifter circuits: a computational strategy for dynamic aspects of visual processing. Proc Natl Acad Sci USA 84:6297301,1987.

15 B. Libet, D.K. Pearl, D.E. Morledge, C.A. Gleason, Y. Hosbuchi, and N.M. Barbara. Control of the transition from sensory deteetion to sensory awareness in man by the duration of a thalamic stimulus. Brain 114:173157,1991.

XVI. BÜYÜK ÖLÇÜDE SPEKÜLASYON

1 P.M. Milner. A model for visual shape recognition. Pyschol Rev 6:52135,1974.

2 K.I. Douglas and K.S, Roekland. Extensive visual feedback connecfcıons from ventral inferotemporal cortex. Society for Neuroscience Abstr 169:10,1992.

3 G.M. Edelman, The Remembered Preseni: A Biological Theory of Consciousness. Ne w York: Basic Books, 1990.

4 B.W. Connors and M.J. Gutnick. Instrinsic firing patterns of diverse neocortical neurons. Trends Neurosc 13:99104, 1990.

5 K.L. Magleby and J.E: Zengel, Â quantitative deseription of stimulatkmmduced changes in transmitter release at the frog neuromuscular junetion. J. Gen Physiol 80:61338,1982.

6 R.S. Zucker. Shortterm synaptic plasticity. Ann Rev Neurosc 12:1331,1989.

7 T. Tömböl. Layer VI cells. In; A. Peters and E.G. Jones (eds.), Cerebral Cortex, vol 1: Cellular Components of the Cerebral Cortex (pp.479519). New York: Plenum Press, 1984.

8 J.M. Fuster. The Prefrontal Cortex, 2nd ed, New York: Raven Press, 1989.

9 P.S. GoldmanRalric, S. Funahashi, and C.J. Bruce. Neocortical memory circuits. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, The Brain 55:10251038,1990.

XVH. TİTREŞİMLER VB İŞLEM BİRİMLERİ

1 W. J. Freeman. Nonlinear neural dynamics in olfaction as a model for cognition. In E. Basar (ed.), Dynamics of Sensory and Cognitive Processing by the Brain (pp. 1929). Berlin: Springer, 1988,

2 C. M, Gray and W, Singer. Stimulusspeeifie neuronal oscillations in orientation columns of cat visual eortex. ProcNatlAcad Sci USA 86:1698702,1989.

3 R. Eckhorn, R. Bauer, W. Jordan, M. Brosch, W. Kruse, M. Munk, and H. J. Reıtboeck. Coherent oscillations: a meehanism for future linking in the visual cortex? Biol Cybern 60:12130,1989. .

4 C.M. Gray, P. König, A.K. Engel, and W. Singer, Oscillatory responses in eat visual cortex exhibit intercolumnar synchronization which reflects global stimulus properties. Nature 338:3347,1989.

5 A.K. Engel, A. Kreiter, P. König, and W. Singer. Synchronization of oscillatory neural responses between striate and extrastriate visual cortical areas of the cat. ProcNatlAcad Sci USA 88:604852,1991.

6 A.K. Engel, P. König, A. Kreiter, and W. Singer. Interhemispherie synehronization of oscillatory neural responses in cat visual eortex, Science 252:11779, 1991.

7 F. Criek and C. Koch. Towards a neurobiological theory of consciousness. Seminars Neurosc 2:26375,1990.

8 M.S. Livingstone, Visuallyevoked oscillations in monkey striate cortex. Soc for Neuroscience ConfProc, 1991.

9 A.K. Kreiter and W. Singer, Oscillatory neural responses in the visual eortex of the awake macaque monkey. Europ J Neuroscience 4:36975,1992.

10 W. Bair, C. Koch, W. Newsome, and K. Britten. Power spectrum analysis of MT neurons in the awake monkey. In F. Eeekman (ed.), Computation and Neural Systems 92. Nonvell, MA: Kluwer Academic Publ., 1993.

11 V.N. Murthy and E.E: Fetz. Coherent 25 to 35 Hz oscillations in the sensorimotor cortex of awake behaving monkeys. Proc Natl Acad Sci USA 89:56704,1992.

12 C.M. Gray, A.K. Ingel, P. König, and W. Singer, Synchronization of oscillatory neural responses in cat striate cortex: temporal properties. Visual Neurosc 8:33747,1992.

13 S.P. Wise and R. Desimone. Behavioral Neurophysiology: insights into seeing and grasping. Science 242:73641, 1988.

14 I. Biederman. Recognition by components: A theory of human image understanding. Psychol Rev 94:11547,1987.

15 T. Poggio. A theory of how the brain might work. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, The Brain 55:899910,1990.

16 W. Penfield. The Mystery of the Mind. Princteon, NJ: Princeton Univ Press, 1975.

17 D, Mumford. On the computational architecture of the neocortex: I. The role of the thalamoeorticalloop. Biol Cybern 65:13545,1991.

18 B.J. Baars and J. Newman. A neurobiological interpretation of the Global Workspace theory of conciousness. In: A. Revonsuo and M. Kampinnen (eds.), Conciousness in Philosophy and Cognitive Neuroscience, Hilldale, NJ: Erlbaum, 1993.

19 F.H.C. Crick. The function of the thalamic reticular complex: The searchlight hypothesis. Proc Nail Acad Sci USA 81:458690,1984.

20 H. Sherk. The claustrum and the eerebral eortex (Chapter 13). In: E.G. Jones and Â. Peters (eds.), Cerebral Cortex: Sensorymotor Areas and Aspects of Cortirnl Connectivity 5 (pp. 46799). New York: Plenum Press, 1986.

ÖZGÜR İRADE ÜZERİNE BÎR EK SÖZ

1 A.R. Damasio and G:W, Van Hoesen. Emotional distrubance assoeiated wifch focal lesions of the limbic frontal lobe. In: K.M. Heilman and P. Satz (eds,), Neuropsychology of Human Emotîon. New York: Guilford Press, 1983. •

2 G, Goldberg and K.K. Bloom. The alien hand sign: localization, lateralization and recovery. Am J Phys Med Rehabil 69:22838,1990.

3 J.C. Ecdes. Evolution of the Brain: Creation of the Self, New York: Routledge, Chapman & Hail, 1989.